



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Célula robotizada para paletizado flexible

Autor/es

FERNANDO RUIZ MENDAZA

Director/es

FÉLIX SANZ ADÁN

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2018-19



Célula robotizada para paletizado flexible, de FERNANDO RUIZ MENDAZA (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

Trabajo de Fin de Máster

Célula robotizada para paletizado flexible

Autor

Fernando Ruiz Mendaza

Tutor: Félix Sanz Adán

MÁSTER:
Máster en Ingeniería Industrial (852M)

Escuela de Máster y Doctorado



AÑO ACADÉMICO: 2018/2019



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Índice general

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	01/02/2019
Fecha de actualización	21/07/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS MEMORIA

1.	OBJETO.....	4
2.	ALCANCE.....	4
3.	ANTECEDENTES.....	5
4.	NORMAS Y REFERENCIAS	6
4.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	6
4.1.1.	Software	6
4.2.	Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto.....	6
4.3.	Bibliografía.....	6
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	7
5.1.	Definiciones	7
5.2.	Abreviaturas	7
6.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	7
6.1.	Cliente	7
6.1.1.	Requisitos técnicos.....	7
6.1.2.	Requisitos económicos.....	8
6.1.3.	Requisitos opcionales.....	8
7.	ANÁLISIS Y SOLUCIONES	8
7.1.	Objetivos a cumplir	8
7.2.	Valoración de la opción de realización del proyecto.....	9
7.3.	Valoración de la opción de no realización del proyecto.....	10
7.4.	Justificación de la propuesta elegida	10
8.	RESULTADOS FINALES	11
8.1.	Transportador de cajas	22
8.2.	Transportador de palés	24
8.3.	Pórtico	26
8.3.1.	Estructura soporte.....	27
8.3.2.	Placa base 90x90	28
8.3.3.	Arandela M8.....	29
8.3.4.	Tornillo M8x20	29
8.3.5.	Brida pórtico.....	29
8.3.6.	Tornillo M12x120	30

8.3.7.	Arandela M12.....	30
8.3.8.	Tuerca M12	30
8.3.9.	Robot UR10.....	31
8.3.10.	Tuerca M8	31
8.3.11.	Tornillo M8x35	31
8.3.12.	Taco de piso	31
8.3.13.	Herramienta.....	32
8.3.14.	Cuadro eléctrico y neumático.....	36
8.3.15.	Caja del controlador	37
9.	PLANIFICACIÓN	37
9.1.	Fase de ensayos previos a la fabricación.....	38
9.2.	Fase de preparación.....	39
9.3.	Fase de fabricación y compras	39
9.4.	Fase de ensayos sobre elementos constitutivos del proyecto	39
9.5.	Fase de montaje y programación.....	39
9.6.	Fase de ensayos sobre el producto final	39
9.7.	Fase de elaboración de documentación final.....	39
9.8.	Fase de formación de operarios.....	40
10.	ORDEN DE PRIORIDAD	40

ÍNDICE DE CONTENIDOS ANEXOS

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	ANEXO I: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	5
3.	ANEXO II: CÁLCULOS	6
3.1.	Cálculo de elementos constructivos	6
3.1.1.	Estructura soporte.....	6
3.1.2.	Placa base 90x90	9
3.1.3.	Brida pórtico.....	11
3.1.4.	Brida herramienta.....	12
4.	ANEXO III: PROGRAMA DEL ROBOT	14
5.	ANEXO IV: MANUAL DE INSTRUCCIONES	21
5.1.	Normas de seguridad y salud.....	21
5.2.	Descripción de la máquina	22

5.3.	Instrucciones de uso	25
5.3.1.	Operaciones previas a la puesta en marcha	25
5.3.2.	Puesta en marcha	26
5.3.3.	Funcionamiento en condiciones normales	27
5.3.4.	Creación de un nuevo programa de paletizado.....	28
5.3.5.	Comprobar funcionamiento.....	35
5.3.6.	Actuación en caso de parada repentina	35
5.3.7.	Apagado de la máquina	36
5.4.	Instrucciones de mantenimiento	36
5.4.1.	Brazo del robot	36
5.4.2.	Transportador de cajas	36
5.4.3.	Transportador de palés	36
5.5.	Zonas de trabajo	37
5.6.	Actuación en caso de accidente.....	37
5.7.	Actuación en caso de avería	37
6.	ANEXO V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	37
6.1.	Normas de seguridad y salud.....	37
6.2.	Riesgos evitables y medidas correctoras	38
6.2.1.	Medidas de protección adoptadas.....	39
6.3.	Riesgos no evitables y medidas preventivas	40
6.3.1.	Medidas preventivas.....	41
6.4.	Actuaciones en caso de emergencia	41
6.	ANEXO VI: MARCADO CE	41

ÍNDICE PLANOS

Plano Nº 1: Célula robotizada

Plano Nº 2: Transportador de cajas

Plano Nº 3: Transportador de palés

Plano Nº 4: Pórtico

Plano Nº 5: Estructura soporte

Plano Nº 6: Estructura soporte

Plano Nº 7: Perfil

Plano Nº 8: Perfil

Plano N° 9: Tapa

Plano N° 10: Brida pórtico

Plano N° 11: Herramienta

Plano N° 12: Brida herramienta

ÍNDICE DE CONTENIDOS PLIEGO DE CONDICIONES

1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.	3
2.	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PRODUCTO.	6
2.1.	Listado de materiales y elementos constitutivos.	6
2.2.	Calidades mínimas a exigir.	7
2.2.1.	Pruebas y ensayos.....	21
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PRODUCTO.	25
4.	REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES.	26
5.	ASPECTOS DEL CONTRATO QUE SE REFIERAN AL PROYECTO Y QUE PUDIERAN AFECTAR A SU OBJETO.....	27
5.1.	Criterios de medición, valoración y abono.....	27
5.1.1.	Medición.....	27
5.1.2.	Valoración	27
5.2.	Criterios para las modificaciones al proyecto original, especificando el procedimiento a seguir para las mismas, su aceptación y como deben quedar reflejadas en la documentación final	27
5.2.1.	Modificaciones en el proyecto	27

ÍNDICE DE CONTENIDOS MEDICIONES

1.	MATERIALES TRANSPORTADORES.	2
2.	MATERIALES PÓRTICO.	2
3.	OTROS.....	4

ÍNDICE DE CONTENIDOS PRESUPUESTO

1.	MATERIALES TRANSPORTADORES	2
2.	MATERIALES PÓRTICO	2
3.	OTROS.....	5



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Memoria

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	09/02/2019
Fecha de actualización	17/06/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	OBJETO.....	4
2.	ALCANCE.....	4
3.	ANTECEDENTES.....	5
4.	NORMAS Y REFERENCIAS	6
4.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	6
4.1.1.	Software	6
4.2.	Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto.....	6
4.3.	Bibliografía.....	6
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	7
5.1.	Definiciones	7
5.2.	Abreviaturas	7
6.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	7
6.1.	Cliente	7
6.1.1.	Requisitos técnicos.....	7
6.1.2.	Requisitos económicos.....	8
6.1.3.	Requisitos opcionales.....	8
7.	ANÁLISIS Y SOLUCIONES	8
7.1.	Objetivos a cumplir	8
7.2.	Valoración de la opción de realización del proyecto.....	9
7.3.	Valoración de la opción de no realización del proyecto.....	10
7.4.	Justificación de la propuesta elegida.....	10
8.	RESULTADOS FINALES	11
8.1.	Transportador de cajas	22
8.2.	Transportador de palés	24
8.3.	Pórtico	26
8.3.1.	Estructura soporte.....	27
8.3.2.	Placa base 90x90	28
8.3.3.	Arandela M8.....	29
8.3.4.	Tornillo M8x20	29
8.3.5.	Brida pórtico.....	29
8.3.6.	Tornillo M12x120	30

8.3.7.	Arandela M12.....	30
8.3.8.	Tuerca M12	30
8.3.9.	Robot UR10.....	31
8.3.10.	Tuerca M8	31
8.3.11.	Tornillo M8x35	31
8.3.12.	Taco de piso	31
8.3.13.	Herramienta.....	32
8.3.14.	Cuadro eléctrico y neumático.....	36
8.3.15.	Caja del controlador	37
9.	PLANIFICACIÓN	37
9.1.	Fase de ensayos previos a la fabricación.....	38
9.2.	Fase de preparación.....	39
9.3.	Fase de fabricación y compras	39
9.4.	Fase de ensayos sobre elementos constitutivos del proyecto	39
9.5.	Fase de montaje y programación.....	39
9.6.	Fase de ensayos sobre el producto final	39
9.7.	Fase de elaboración de documentación final.....	39
9.8.	Fase de formación de operarios.....	40
10.	ORDEN DE PRIORIDAD	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: conjunto completo 1.....	11
Ilustración 2: conjunto ampliado 1.....	12
Ilustración 3: conjunto completo 2.....	13
Ilustración 4: conjunto ampliado 2.....	14
Ilustración 5: alcance brazo 3D.....	15
Ilustración 6: alcance brazo alzado	16
Ilustración 7: alcance brazo planta.....	17
Ilustración 8: alcance brazo vista lateral	18
Ilustración 9: punto intermedio 3D	19
Ilustración 10: punto intermedio alzado.....	20
Ilustración 11: punto intermedio vista lateral.....	21
Ilustración 12: transportador de cajas	22
Ilustración 13: ejemplo transportador de bolas motorizadas.....	23
Ilustración 14: detalle transportador de cajas.....	23
Ilustración 15: transportador de palés	24
Ilustración 16: transportador de palés cargado.....	25
Ilustración 17: posición palé de trabajo	25
Ilustración 18: pórtico	27
Ilustración 19: estructura soporte	28
Ilustración 20: placa base 90x90.....	29
Ilustración 21: brida pórtico	30
Ilustración 22: robot UR10.....	31
Ilustración 23: herramienta	32
Ilustración 24: brida de la herramienta.....	33
Ilustración 25: racor	34
Ilustración 26: ventosa	35
Ilustración 27: cuadro eléctrico y neumático	36
Ilustración 28: caja del controlador.....	37
Ilustración 29: fechas	38
Ilustración 30: diagrama de Gantt.....	38

1. OBJETO

El objetivo principal del proyecto es realizar el diseño de una célula robotizada colaborativa para colocar cajas sobre un palé en una secuencia automatizada.

Se empleará un robot de la marca UR Robots (concretamente el modelo UR10), robot fácil de programar, de forma que un operario con poca formación pueda modificar los puntos de recogida de cada caja y los puntos de dejada de la misma en el palé.

El conjunto está pensado para trabajar en una zona en la que puede haber operarios, por tanto el funcionamiento del robot debe ser colaborativo.

La célula robotizada se diseñará para trabajar en almacenes automatizados o al final de una línea de producción en la que el producto llegue en cajas de menos de 8 kg cerradas y de entre 60 y 300 mm en todas sus dimensiones o un rango mayor si es posible.

Los palés deberán ser colocados vacíos en un transportador de palés que permite tener un pulmón de almacenamiento de los mismos de forma que la autonomía del sistema sea la mayor posible dentro de unos límites de espacio razonables.

Los palés una vez cargados podrán llegar a una altura máxima de 700 mm.

El sistema está orientado a tiradas relativamente pequeñas, de modo que durante una misma jornada de trabajo se pueda trabajar con diferentes programas de paletizado e incluso programar algunos nuevos sin perder demasiado tiempo de producción.

2. ALCANCE

Se incluirá en el diseño la solución completa de forma que la viabilidad del proyecto completo se considere asegurada, aunque no se diseñarán completamente algunos componentes ya que parte de su diseño lo realizará el proveedor de cada uno de ellos cumpliendo las condiciones que se especifican en este proyecto.

La solución comprende un transportador de entrada de cajas (el diseño definitivo corresponderá al proveedor), el robot con su estructura de soporte y elementos necesarios para su funcionamiento (diseñado en el proyecto) y el transportador de palés (el diseño definitivo corresponderá al proveedor).

El transportador de entrada de cajas debe ser un transportador de bolas motorizadas, de forma que estas bolas empujen las cajas en dirección transversal al sentido de avance para que vayan posicionadas siempre contra una guía lateral, de esta manera el robot para una misma caja siempre va a recoger al mismo punto. Debe contar con un detector que envíe una señal al robot cuando haya una caja posicionada. El diseño final de este componente no entra dentro del alcance del proyecto, pero sí parte del dimensionado y selección de algunas de sus características para que su funcionamiento dentro del proyecto sea el adecuado.

El robot debe ser un brazo colaborativo de fácil programación, modelo UR10 de la marca UR Robots, será objeto del proyecto la realización de un programa plantilla a partir del cual cualquier operario con poca formación previa sea capaz de programar un paletizado cualquiera.

El transportador de palés actúa de pulmón de entrada de palés vacíos y posicionador de los mismos en el punto de trabajo así como de almacén de palés terminados, es el elemento que dota a la célula de trabajo de una cierta autonomía. El diseño final de este componente no entra dentro del alcance del proyecto, pero sí parte del dimensionado y selección de algunas de sus características para que su funcionamiento dentro del proyecto sea el adecuado.

No será objeto del proyecto el diseño definitivo del cuadro eléctrico y neumático del robot, simplemente se describirán los componentes que se consideran imprescindibles y como debe hacer funcionar al resto de elementos.

3. ANTECEDENTES

Los brazos robóticos son muy utilizados en la industria para realizar todo tipo de operaciones de manipulado entre las que se incluye el paletizado a final de línea o a la salida de un almacén automatizado.

Los robots utilizados comúnmente para este tipo de operaciones son robots grandes que no permiten la presencia de operarios en su zona de trabajo debido al riesgo de colisión.

Por este motivo con un robot convencional es necesario disponer de una gran cantidad de espacio para realizar un paletizado y que este espacio nunca vaya a ser ocupado por un operario mientras el robot esté en funcionamiento, además de que es necesario un vallado que dificulta el acceso incluso cuando el robot no está trabajando.

Un robot colaborativo es un robot que está pensado para interactuar con las personas sin riesgo, ya que si la fuerza que tiene que ejercer supera un valor límite establecido este se detiene activando los frenos de forma segura.

Cabe destacar que disponer de un robot colaborativo no quiere decir que la aplicación para la que se emplee vaya a ser colaborativa, ya que depende de la velocidad a la que se pueda mover el robot, las partes del cuerpo con las que va a poder colisionar, la herramienta que utilice y muchos otros factores.

Existen robots colaborativos haciendo operaciones de paletizado, pero en la mayoría de los casos para reducir el tiempo de ciclo se les aumenta la velocidad y por tanto precisan de un vallado porque ya la aplicación no es colaborativa.

En otros casos aunque la aplicación sí que es colaborativa no se llega al nivel de flexibilidad que en este caso se pretende, ya que la idea es hacer un programa plantilla que sirva para cualquier mosaico de paletizado y que la programación del mismo sea muy rápida y sencilla para el operario.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- **UNE 157001:2014:** esta norma establece los criterios generales para la elaboración de los documentos que componen un proyecto técnico.
- **Directiva 2006/42/CE:** directiva europea relativa a seguridad en máquinas.
- **ISO 10218:** normativa para robots y dispositivos robotizados, tiene 2 partes, la primera hace referencia únicamente al brazo robótico y por tanto es el fabricante del brazo el que debe tenerla en cuenta y la segunda parte se centra en la aplicación del robot.

4.1.1. Software

- Microsoft Excel como programa de cálculo.
- Para la realización del modelado en 3D, planos y estudios de movimiento se ha utilizado el programa de CAD Solidworks en su versión de 2017.
- Para las diferentes simulaciones de resistencia de los elementos del producto se ha empleado el programa de CAE Solidworks Simulation.
- Para la elaboración de las diferentes animaciones y renderizados fotorrealistas se ha empleado el programa Solidworks PhotoView 360.
- URSim en su versión 5.0 para la programación del paletizado.

4.2. Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del proyecto.

En la redacción del proyecto se ha buscado que el diseño del producto sea óptimo. La calidad de los materiales es un elemento importante en este aspecto, seleccionándose cuidadosamente los mismos entre las primeras marcas del mercado. Serán adecuados a las condiciones de uso.

El listado de materiales presente en el Pliego de Condiciones, al que se ha añadido las normas que estos deben de seguir y el fabricante en concreto, se considera un elemento primordial para el control de calidad en la fase de proyecto.

Durante la redacción del proyecto, se ha establecido un protocolo de revisión de la documentación generada, con el fin de detectar errores en los documentos básicos, para de esta manera asegurar que en la memoria, los anexos, los planos, el pliego de condiciones, las mediciones y el presupuesto se consiguen cumplir los parámetros de calidad exigida, y filtrar posibles errores que pudieran darse en la confección de los mismos.

4.3. Bibliografía

- Boe.es. *BOE*. [online] Disponible en:
<https://www.boe.es/legislacion/legislacion.php>

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1. Definiciones

Renderizado: es un término usado en para referirse al proceso de generar una imagen desde un modelo.

Paletizado: acción de colocar elementos en un palé.

Robot colaborativo: es aquel cuya función es trabajar en armonía con un operario humano.

5.2. Abreviaturas

UNE: Una Norma Española. Son un conjunto de normas, normas experimentales e informes (estándares) creados en los Comités Técnicos de Normalización (CTN) de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

ISO: Sigla de la expresión inglesa International Organization for Standardization, 'Organización Internacional de Estandarización', sistema de normalización internacional para productos de áreas diversas.

DIN: Instituto Alemán de Normalización.

CAD: Computer Aided Design. Diseño asistido por ordenador. Es el uso de programas informáticos para crear representaciones gráficas de los objetos físicos en dos o tres dimensiones.

CAE: Computer Aided Engineering. Ingeniería asistida por ordenador. Permite simular en el ordenador los modelos que se piensan poner en práctica con el objetivo de apreciar su validez sin incurrir en costes de fabricación.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1. Cliente

El diseño que se detalla más adelante cumple con los siguientes requisitos:

6.1.1. Requisitos técnicos

- El conjunto debe poder paletizar diferentes mosaicos de palé.
- Se debe emplear un robot colaborativo modelo UR10 y que la aplicación final sea colaborativa (no debe emplearse ningún tipo de vallado).
- La autonomía del conjunto debe ser de al menos 2 palés.
- La cadencia debe ser de al menos 1 caja cada 10 segundos.
- El palé con el que la célula robotizada debe poder trabajar es el palé europeo.

- Tiene que ser capaz que paletizar cajas de menos de 8 kg de peso cerradas y de entre 60 y 300 mm en todas sus dimensiones siempre que la altura máxima del palé cargado no supere los 700 mm.
- Las cajas a paletizar serán de cartón.

6.1.2. Requisitos económicos

Para valorar el presupuesto tope del que se dispone para un proyecto aproximado de este tipo hay que tener en cuenta que la célula robotizada sustituye a un operario, cuyo coste para la empresa se estima en 25.000 euros anuales por turno, como la mayoría de las empresas de producción trabajan a 2 o 3 turnos, se calculará este tope para 2 turnos.

De esta manera si la empresa en la que se va a implantar trabaja a 3 turnos al día el retorno de la inversión será en un menor plazo de tiempo.

Habitualmente el tiempo de retorno de la inversión para este tipo de proyectos no debe ser superior a los 2 años, por tanto en este caso se contempla de 1,5 años.

Teniendo todo esto en cuenta el presupuesto tope de que se dispone para la realización del proyecto es de 75.000 euros, una vez presupuestado el proyecto supone un coste de 69.692,31 euros, por tanto el diseño realizado cumple con los requisitos económicos.

6.1.3. Requisitos opcionales

Una vez realizado el diseño se han cumplido además de los requisitos necesarios los siguientes requisitos opcionales:

- Si la altura del palé lleno es menor de 700 mm la altura de cada caja podrá ser mayor de 300 en la misma medida que el palé se reduzca en altura.
- El tamaño máximo de la dimensión de la caja que sea transversal al transportador de cajas puede llegar a ser de 350 mm en lugar de los 300 previstos.

7. ANÁLISIS Y SOLUCIONES

7.1. Objetivos a cumplir

En lo referente a la normativa aplicable a robots colaborativos hay que destacar que deben cumplir la directiva 2006/42/CE de máquinas, teniendo en cuenta que debe cumplirla tanto el robot como el resto de accesorios y transportadores que componen que componen la célula robotizada, además de la célula robotizada en sí misma.

Para ello hay que tener en cuenta que cada uno de los elementos que componen la célula, y cuyo diseño no se incluye en este proyecto por ser elementos comerciales o diseñados a medida por un proveedor, deben contar con su correspondiente marcado CE.

También se ha tenido en cuenta la norma ISO 10218 que indica las velocidades, fuerzas y presiones máximas que puede ejercer el robot sobre las diferentes partes del cuerpo humano.

El funcionamiento de la célula robotizada consiste en un brazo robótico con una herramienta en su muñeca formada por unas ventosas que mediante vacío son capaces de levantar el peso de las cajas y colocarlas sobre el palé.

Para detectar el momento en el que las ventosas han hecho vacío y por tanto tienen sujeta la caja se emplea un vacuostato (medidor de presión de vacío) de esta forma se pueden detectar posibles errores a la hora de coger la caja y parar la operación del robot para no causar daños, el sistema será lo suficientemente fiable como para que esto no suceda con frecuencia.

Las cajas llegan a la posición de recogida mediante un transportador con bolas motorizadas, esto es un transportador que al mismo tiempo que lleva la caja hacia adelante (en el sentido de avance de la banda) la empuja lateralmente por medio de unas bolas motorizadas, de esta forma se colocará la caja en el sentido de avance de la banda hasta llegar a un tope y en sentido transversal hasta una guía lateral.

El transportador de cajas cuenta con un detector capacitivo colocado en el tope para detectar cuando hay una caja en posición de recogida.

El robot es un brazo colaborativo de la marca UR Robots, en concreto el UR10, este robot puede soportar hasta 10 kg en la muñeca teniendo en cuenta el peso de la herramienta, por tanto es perfecto para levantar cajas de hasta 8 kg, su alcance máximo es de 1300 mm, suficiente para llegar a todos los puntos del palé siempre que este no supere los 700 mm de altura.

El brazo viene con su caja de control que incorpora una pantalla desde la que se programarán los diferentes programas de paletizado.

El brazo va acoplado a un pórtico de acero lacado mediante una brida que permite atornillarlo al mismo, al pórtico también irá acoplado el cuadro eléctrico y neumático desde el que saldrá un tubo de vacío que irá a la herramienta y el cable de corriente para la caja del controlador.

El transportador de palés es el lugar donde los operarios colocarán los palés vacíos para tener un pulmón de entrada, esto lo harán en un extremo, y en el otro extremo recogerán los palés ya cargados con las cajas, a la salida del transportador de palés podría colocarse una paletizadora que haga girar el palé para colocarle un plástico alrededor para así dejar completamente embalada la mercancía, pero eso no entra dentro del alcance de este proyecto.

Este transportador de palés no es más que un transportador de banda que en su punto intermedio cuenta con un detector capacitivo para parar el palé en el punto de trabajo, lugar en el que el robot irá colocando y apilando las cajas según el mosaico programado.

7.2. Valoración de la opción de realización del proyecto

Los objetivos técnicos se han cumplido, por tanto para la valoración de la opción de realizar el proyecto o no hacerlo se tiene en cuenta únicamente el factor económico.

El proyecto supone un coste de 69.692,31 euros.

La empresa en la que se implante puede trabajar a 1, 2 o 3 turnos con un coste por turno de 25.000 euros anuales para realizar la misma labor que la célula robotizada.

La célula robotizada tiene unos gastos aproximados de 1000 euros anuales en concepto de mantenimiento y reparaciones que pudieran ser necesarias, esto es únicamente a partir de los 5 años de uso, los primeros años no requiere gastos de mantenimiento o están incluidos en la garantía de los diferentes elementos.

En estas condiciones la vida útil de la célula robotizada es de 60.000 horas.

7.3. Valoración de la opción de no realización del proyecto

Se mantendría la forma de trabajo que se esté empleando en la empresa, como el proyecto no está orientado para una empresa en concreto se analizan las diferentes opciones.

La que ofrece la mayor flexibilidad es la de que sea un operario el que haga el paletizado, ya que puede cambiar la forma de apilar las cajas en cualquier momento.

Otra opción es la de utilizar otro tipo de robot o un cartesiano para el paletizado, en ambos casos el tiempo para reprogramar a la hora de cambiar a un formato nuevo sería grande.

De estas 2 opciones se considera que la que mejor cumple los objetivos de este tipo de paletizado es la de que lo haga un operario, por tanto es la que se utilizará a continuación para comparar.

7.4. Justificación de la propuesta elegida

Teniendo en cuenta todo esto se calcula lo siguiente:

- **Empresa con 1 turno de trabajo:** la célula robotizada estaría amortizada en 2 años y 10 meses y a partir de entonces y hasta los 5 años desde su instalación supondría un ahorro de 25.000 euros anuales, a partir de los 5 años y hasta el final de su vida útil (25 años para 1 turno de uso) supone un ahorro de 24.000 euros anuales. Por tanto el ahorro en el caso de implantar la célula robotizada sería de 535.000 euros en 25 años, lo que anualmente supone 21.400 euros ahorrados.
- **Empresa con 2 turnos de trabajo:** la célula robotizada estaría amortizada en 1 año y 5 meses y a partir de entonces y hasta los 5 años desde su instalación supondría un ahorro de 50.000 euros anuales, a partir de los 5 años y hasta el final de su vida útil (12,5 años para 2 turnos de uso) supone un ahorro de 49.000 euros anuales. Por tanto el ahorro en el caso de implantar la célula robotizada sería de 547.807 euros en 12,5 años, lo que anualmente supone 43.824 euros ahorrados.
- **Empresa con 3 turnos de trabajo:** la célula robotizada estaría amortizada en 11 meses y a partir de entonces y hasta los 5 años desde su instalación supondría un ahorro de 75.000 euros anuales, a partir de los 5 años y hasta el final de su vida útil (8,3 años para 3 turnos de uso) supone un ahorro de 74.000 euros anuales. Por tanto el ahorro en el caso de implantar la célula robotizada sería de 524.507 euros en 8,3 años, lo que anualmente supone 63.193 euros ahorrados.

En cualquier caso la implantación de la célula robotizada supone un ahorro grande, mayor cuanto más se use, pero para empresas que trabajen a un solo turno la inversión inicial es alta y el periodo de amortización es superior a 2 años, por tanto esto puede suponer un impedimento para la realización del proyecto.

En cualquier caso la realización del proyecto se considera el mejor escenario tanto desde el punto de vista técnico como económico.

8. RESULTADOS FINALES

Aquí se mostrará el resultado final del diseño del sistema, describiendo las diferentes funciones que realiza cada componente y como van ensamblados estos.

Fundamentalmente la célula robotizada cuenta con un elemento de entrada y posicionamiento de cajas llamado transportador de cajas, un elemento para la entrada de palés vacíos y la salida de palés llenos llamado transportador de palés (actúa como pulmón de entrada y de salida de palés dotando de cierta autonomía a la célula) y el pórtico que soporta el brazo del robot con todos los elementos necesarios para el control y correcto funcionamiento de todo el conjunto.

En las siguientes imágenes se puede visionar el conjunto completo:

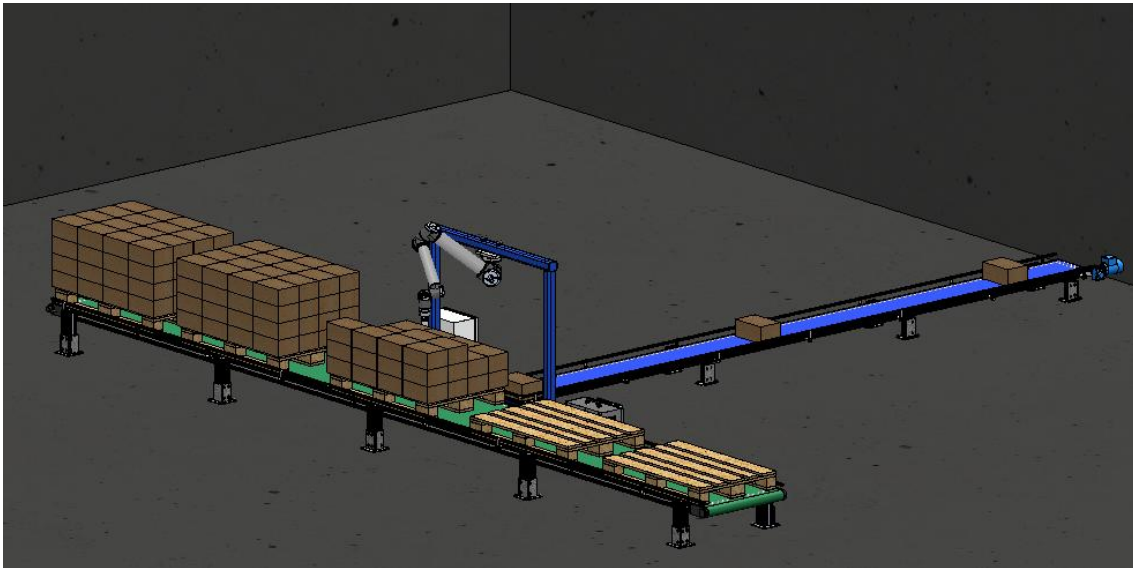


Ilustración 1: conjunto completo 1

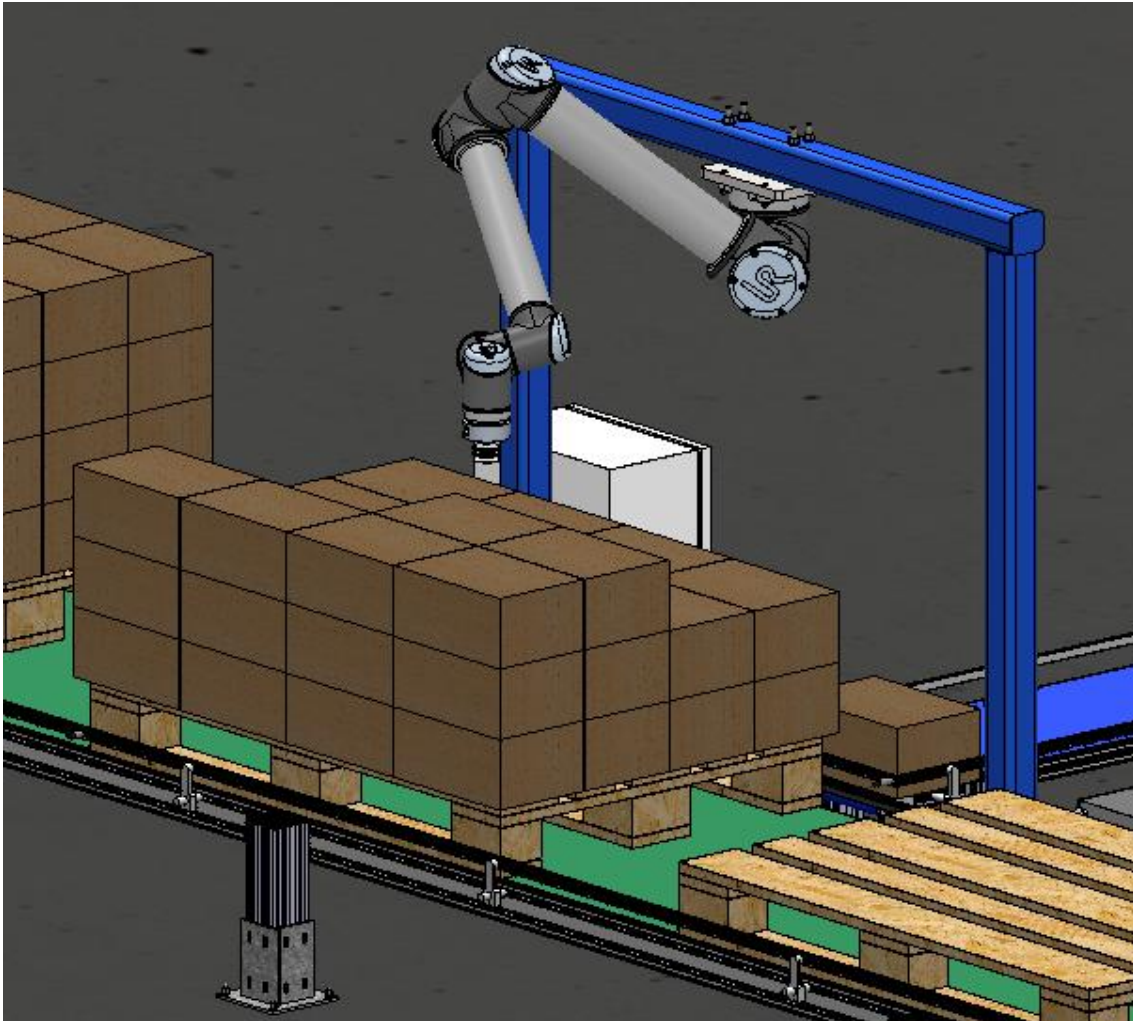


Ilustración 2: conjunto ampliado 1



Ilustración 3: conjunto completo 2

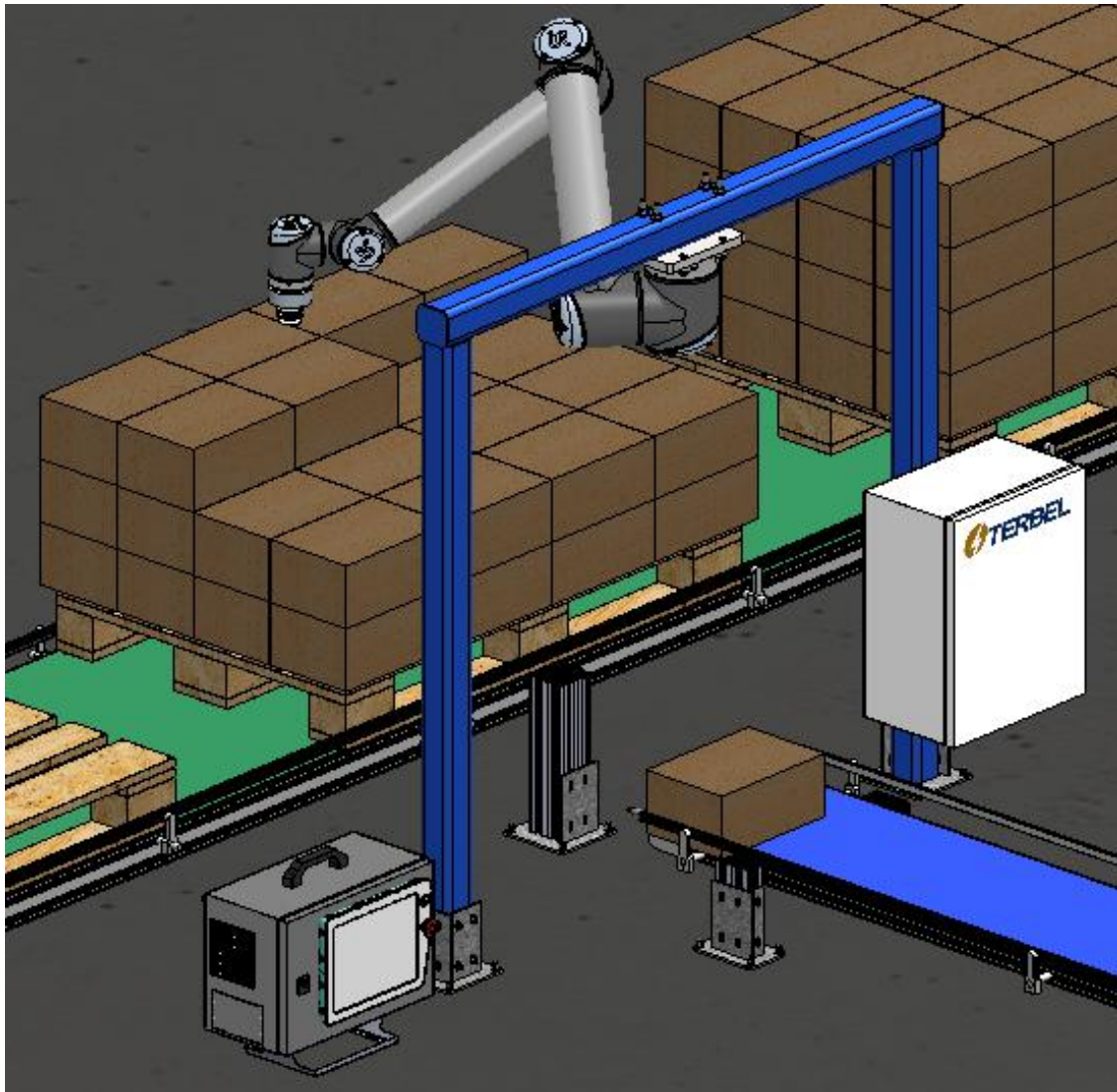


Ilustración 4: conjunto ampliado 2

A la hora de la selección del brazo se ha tenido muy en cuenta el alcance del mismo, ya que es necesario que sea capaz de llegar a todos los puntos del palé en sus diferentes alturas.

En las siguientes imágenes se aprecia la esfera de alcance del brazo teniendo en cuenta la herramienta diseñada, ya que esta modifica ligeramente el alcance.

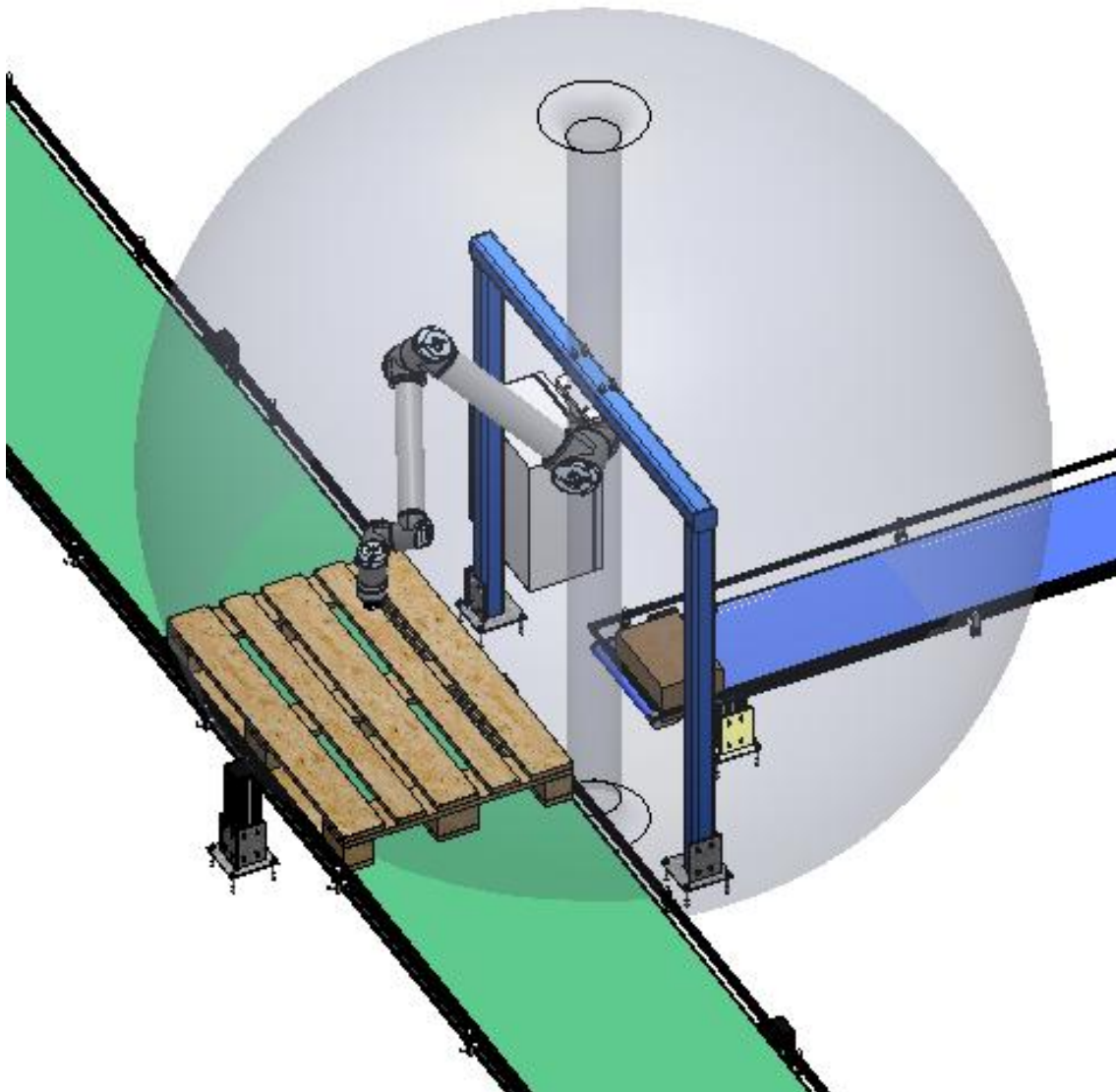


Ilustración 5: alcance brazo 3D

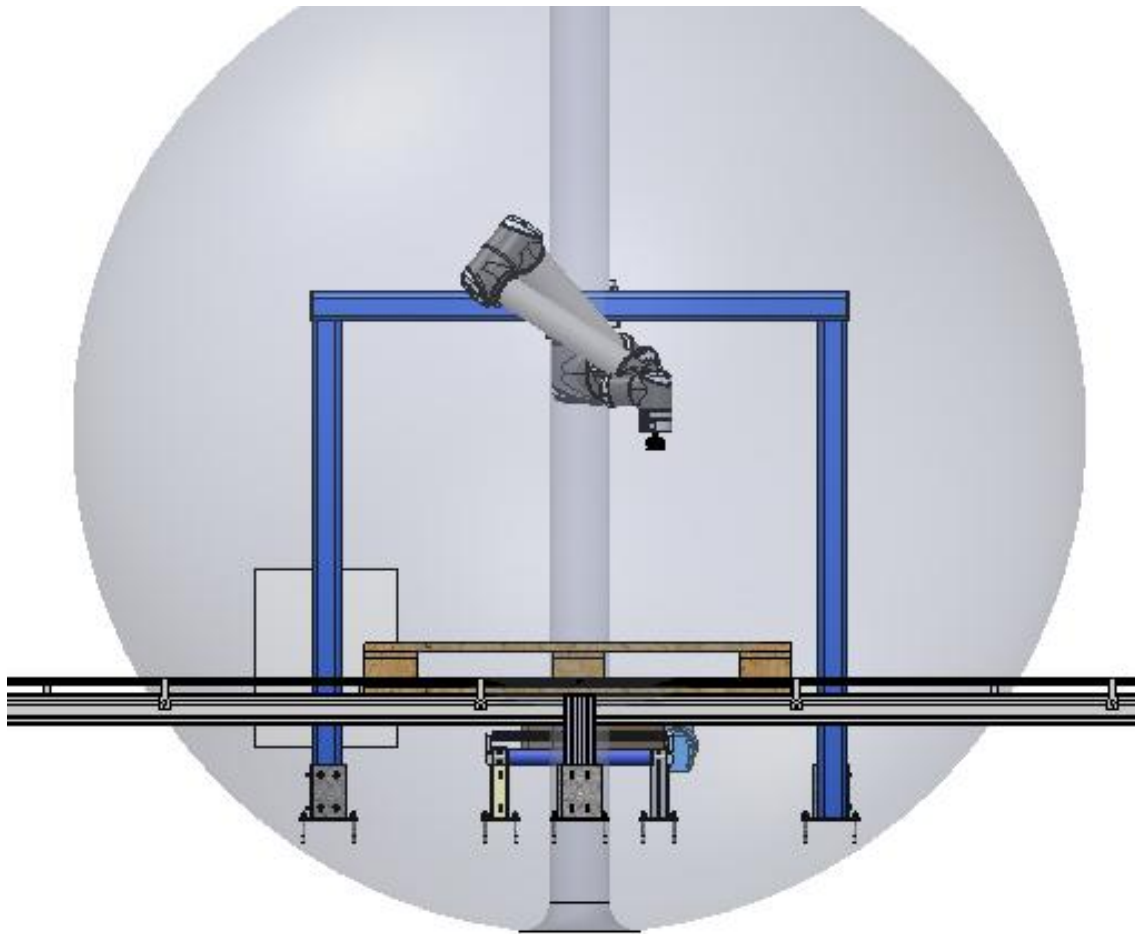


Ilustración 6: alcance brazo alzado

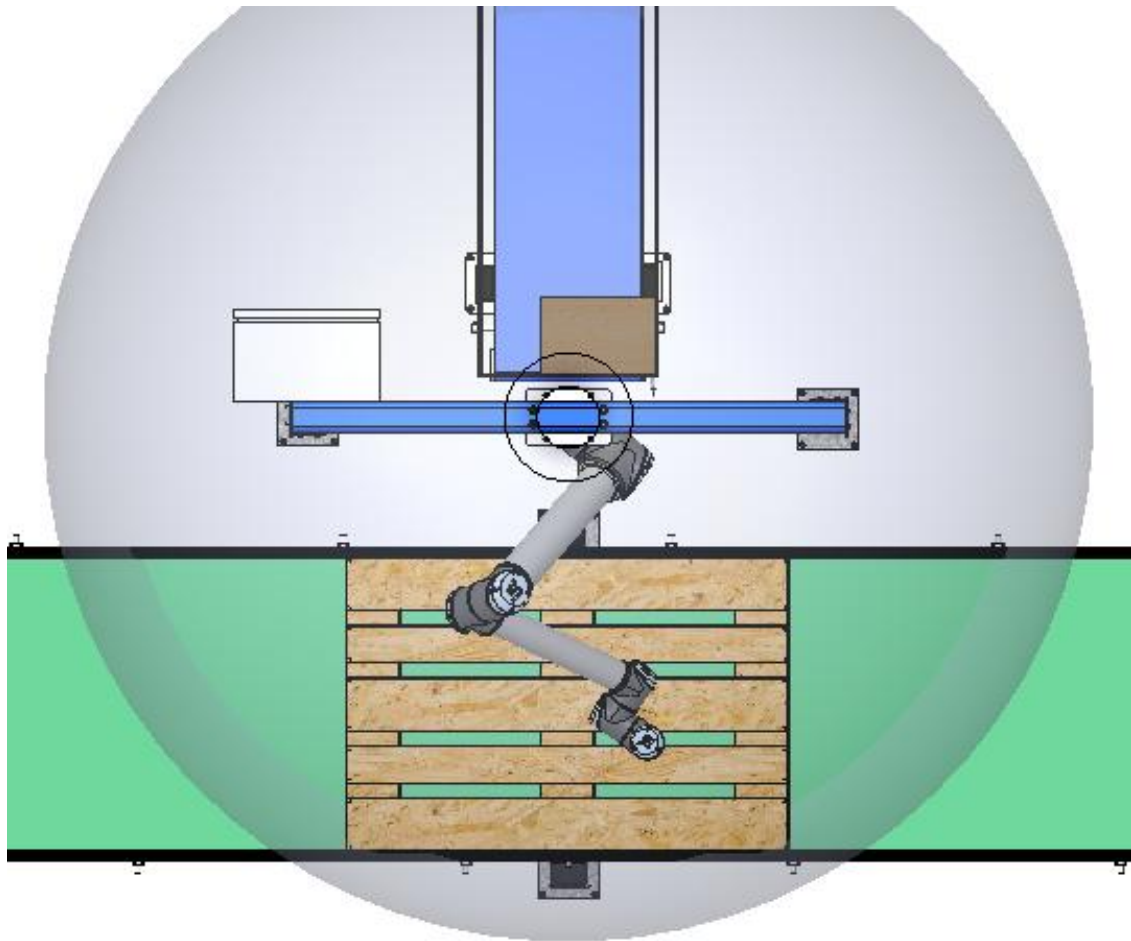


Ilustración 7: alcance brazo planta

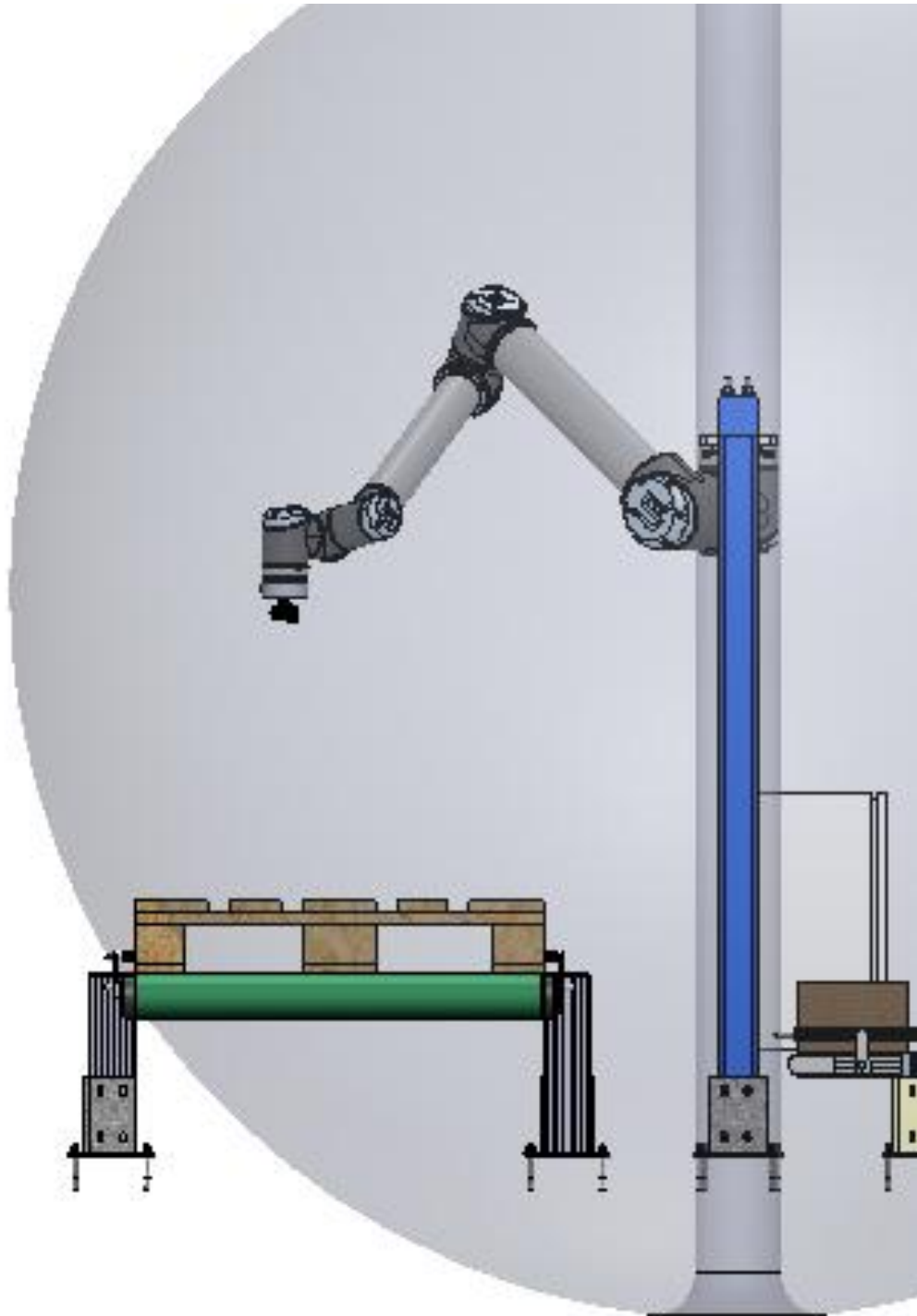


Ilustración 8: alcance brazo vista lateral

Como se puede apreciar el alcance es el necesario para este tipo de palé, ya que en este caso indica que el centro de la superficie superior de la caja estará dentro de la esfera, aunque la caja al completo no lo esté.

De esta forma la caja puede quedar incluso parcialmente fuera del palé, siempre que el centro de gravedad de la caja quede sobre el palé.

También hay que tener en cuenta que este alcance se ha calculado con cierto margen de seguridad, por tanto el alcance real será ligeramente superior al representado en las diferentes imágenes.

Además es importante destacar que cuando el palé llegue a la altura máxima, cuando ya esté prácticamente cargado, la distancia entre la parte superior del palé y el pórtico debe ser suficiente como para que el robot sea capaz de pasar por ese espacio con la caja más grande.

En las siguientes imágenes se aprecia que esto se ha tenido en cuenta y se puede ver el robot colocado en el punto intermedio, punto que irá preprogramado de forma que sea el mismo para los diferentes palés y el robot siempre pase por él antes y después de dejar la caja, de esta manera se evitan posibles colisiones del robot que obliguen a modificar el programa.

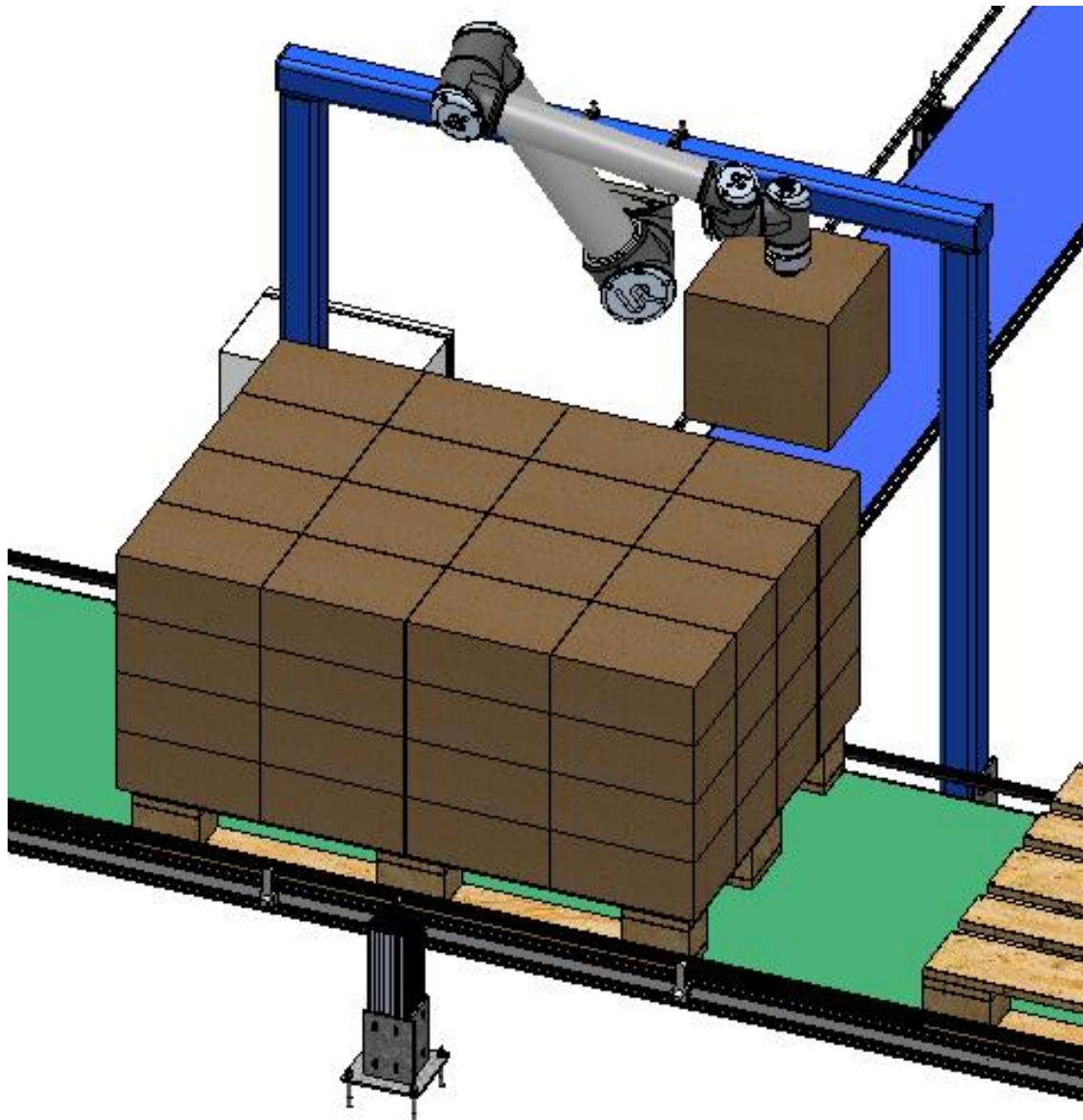


Ilustración 9: punto intermedio 3D

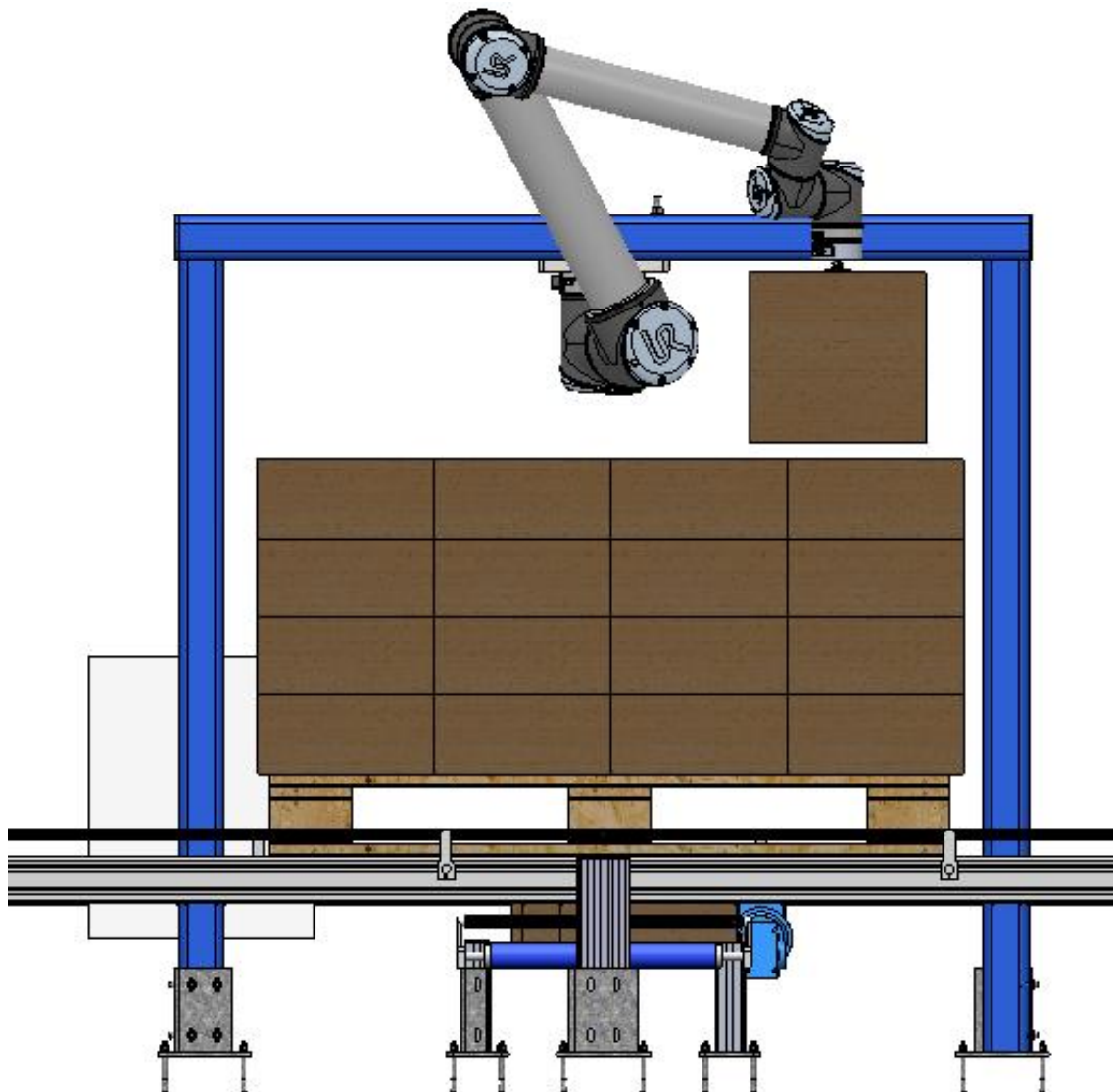


Ilustración 10: punto intermedio alzado

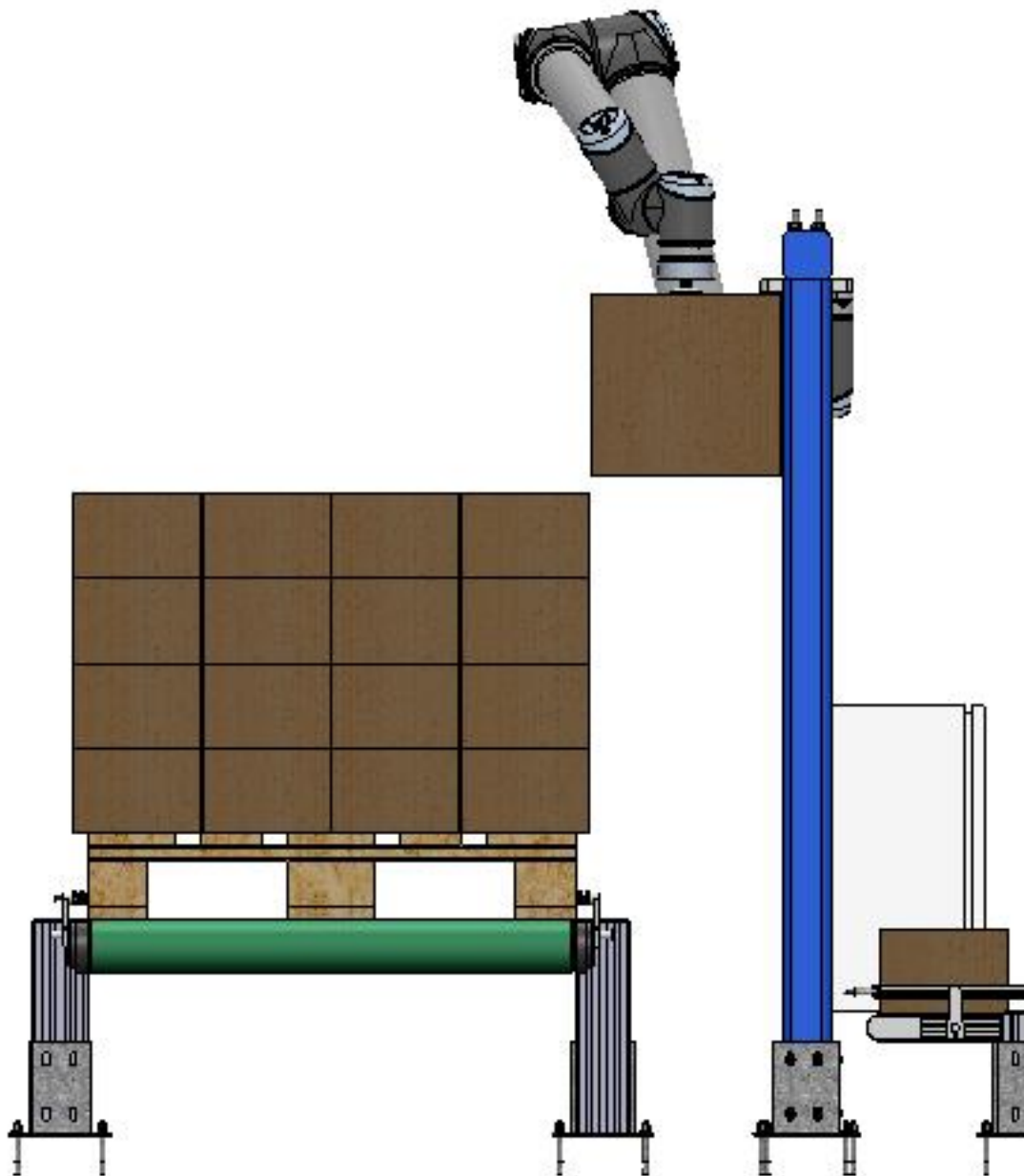


Ilustración 11: punto intermedio vista lateral

A continuación se procede a describir los diferentes elementos que componen la célula robotizada.

8.1. Transportador de cajas

Es la parte del conjunto que se encarga de llevar las cajas a un punto fijo para que el robot pueda recogerlas.

Se ha dimensionado de tal forma que permita que las cajas lleguen a él desde diferentes posiciones para que se pueda alimentar con un almacén automático, por eso es un transportador tan largo.

Si se fuera a colocar a la salida de una línea de producción sería recomendable sustituirlo por uno más corto para ahorrar espacio y abaratar el proyecto.

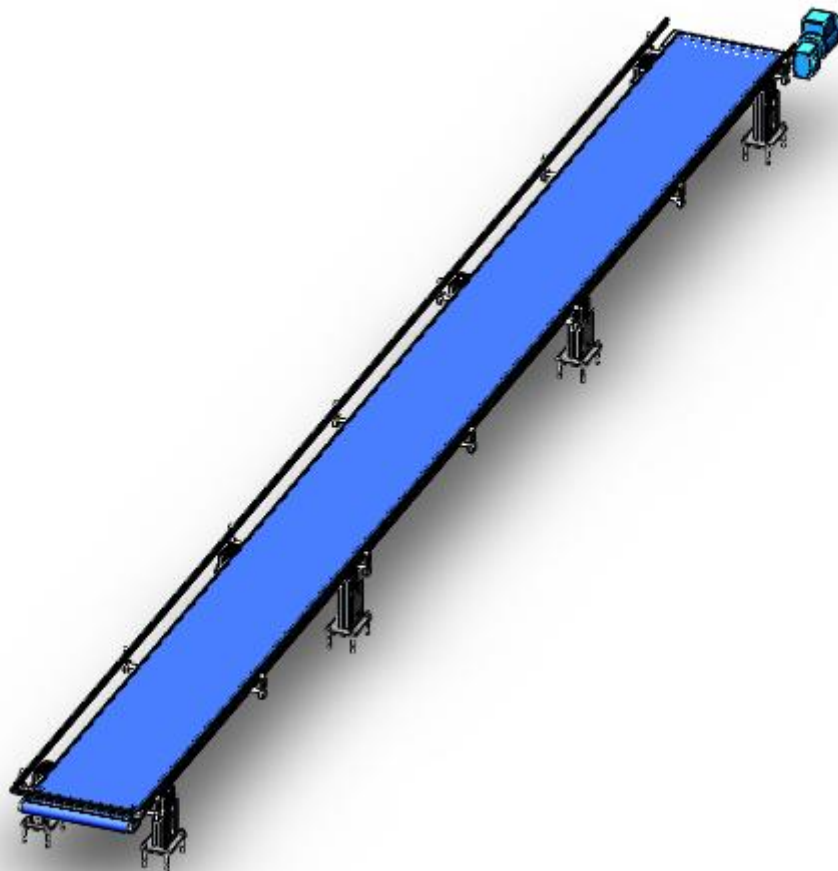


Ilustración 12: transportador de cajas

De este elemento destacar que debe ser un transportador de bolas motorizadas, de forma que las bolas empujen las cajas de forma transversal hacia la guía lateral izquierda, de esta forma cuando las cajas lleguen al tope final del transportador estarán colocadas contra la guía izquierda y por tanto posicionadas para que el robot pueda recogerlas sin problema.

Las bolas motorizadas no se han incluido en el diseño en 3D porque es necesaria mucha capacidad de procesamiento para ello y además el diseño final de esta parte irá a cargo del suministrador (Montajes Eléctricos Terbel).

Ejemplo de transportador de bolas motorizadas:

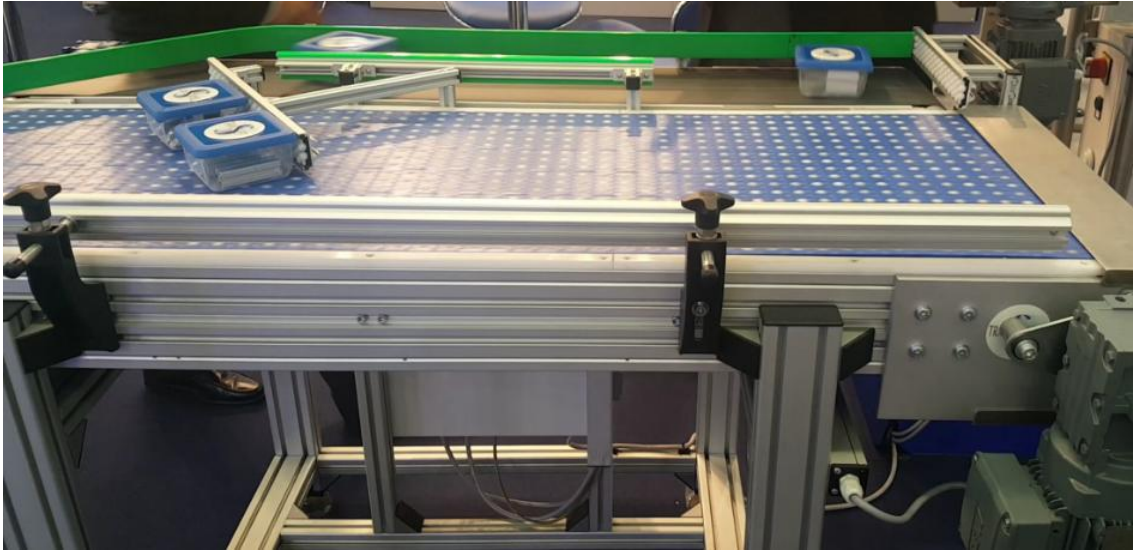


Ilustración 13: ejemplo transportador de bolas motorizadas

El transportador cuenta con un tope el final contra el que se posiciona la caja, este tope debe presentar un orificio roscado para la colocación de un detector capacitivo de métrica 12 para detectar cuando hay una caja posicionada.

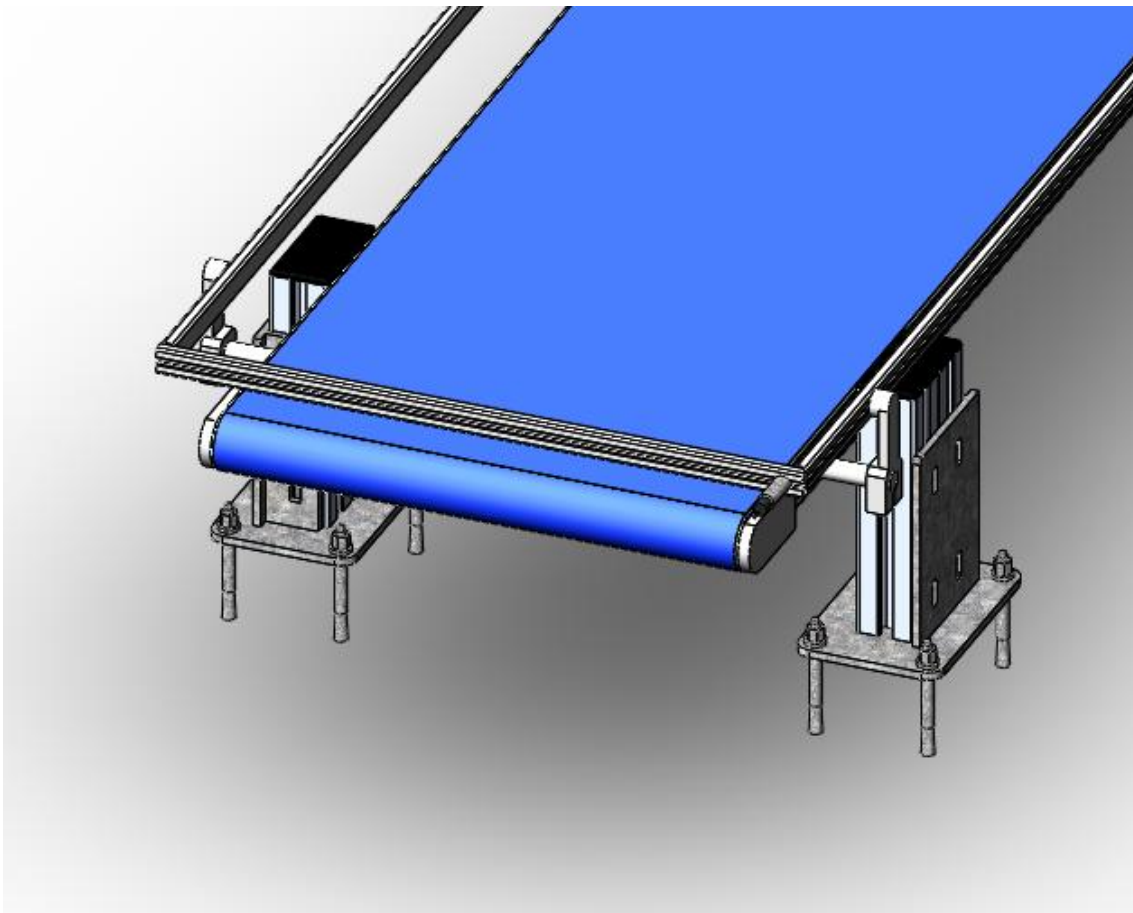


Ilustración 14: detalle transportador de cajas

El diseño y suministro de este transportador lo hará la empresa Montajes Eléctricos Terbel, teniendo en cuenta que las cajas para las que debe estar dimensionado son de entre 60 y 300 mm en cualquiera de sus dimensiones y que el peso máximo de cada una será de 8 kg.

El transportador puede estar completamente lleno de cajas y debe poder soportar el peso de un operario que se suba para programar el robot.

La zona de motorización de las bolas no es necesario que abarque toda la longitud del transportador, el suministrador calculará la longitud necesaria para las cajas descritas.

8.2. Transportador de palés

Es un transportador de banda cuya función es transportar y posicionar los palés para que el que se está cargando siempre quede en el mismo punto con respecto al robot.

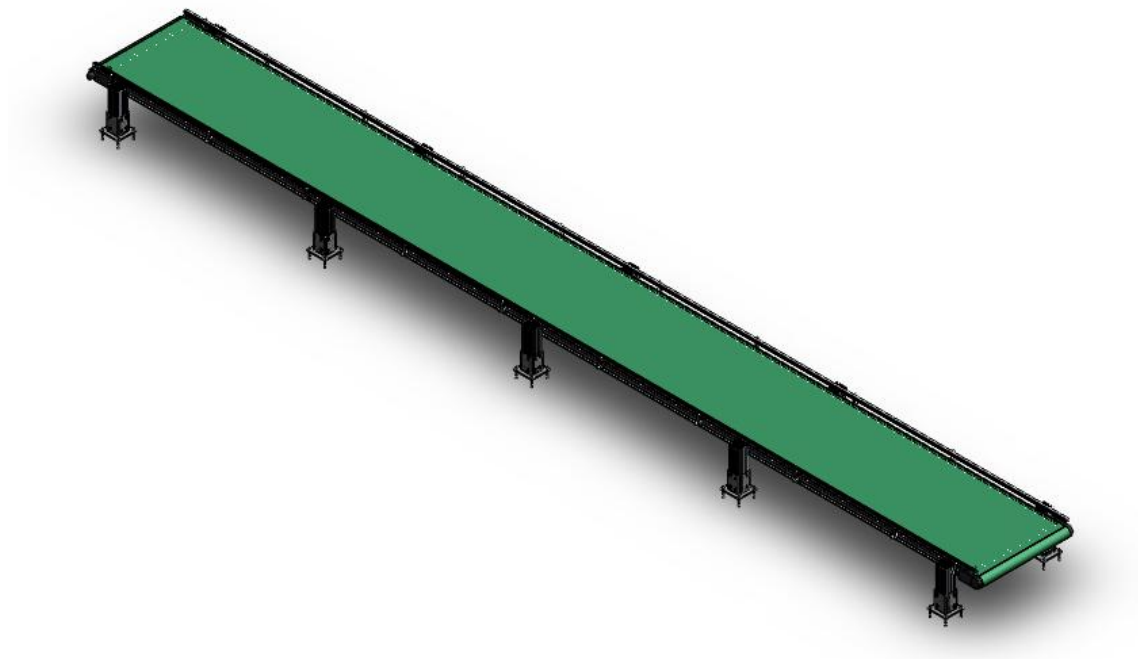


Ilustración 15: transportador de palés

Está diseñado para poder disponer de 2 palés vacíos como pulmón de entrada y de 2 palés llenos como pulmón de salida, además del que se está cargando.

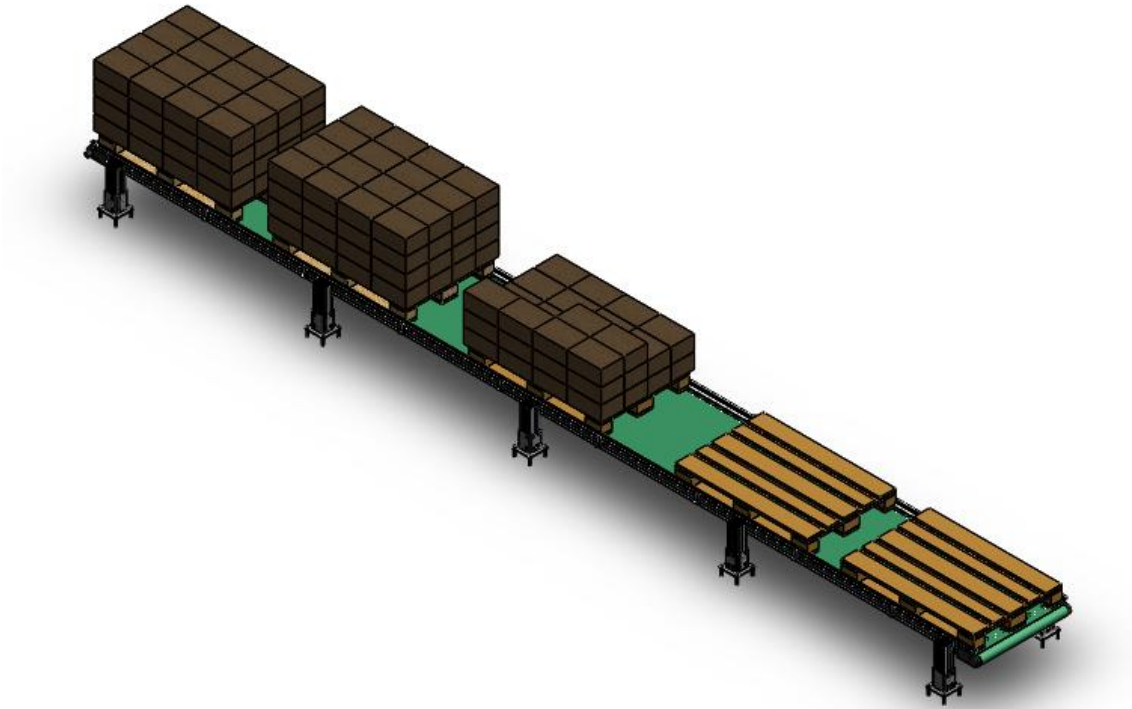


Ilustración 16: transportador de palés cargado

Para posicionar el palé de trabajo (palé central) el transportador dispone de un detector capacitivo colocado en la guía lateral, de esta manera cuando el detector vea el extremo del palé el transportador se detendrá y el palé quedará posicionado siempre en el mismo punto.

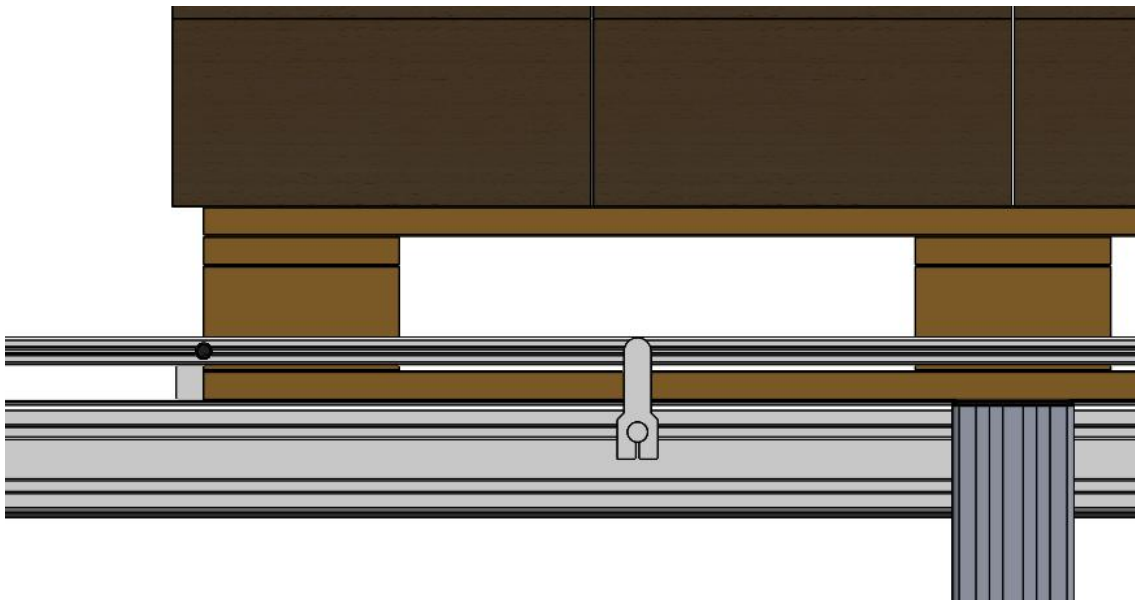


Ilustración 17: posición palé de trabajo

Una vez cargado para asegurar que lo que ve el detector es el siguiente palé se hará avanzar el transportador la distancia de un palé, para ello es necesario que el transportador cuente con un encoder para poder controlar el avance de la banda, además se programará un contador de forma que cuando el detector haya visto los 3 perfiles del mismo palé el siguiente que vea ya sea el del próximo palé y se detenga el transportador en ese punto.

De esta manera combinando el detector con un encoder y programando correctamente el funcionamiento del transportador es posible posicionar con precisión los palés.

Del diseño y suministro de este transportador se encargará la empresa Montajes Eléctricos Terbel, teniendo en cuenta que las cajas más pequeñas son de 60 x 60 x 60 con un peso por caja de máximo 8 kg para así calcular el peso máximo de cada palé, además también hay que tener en cuenta que un operario debe poder subirse encima del transportador para programar el robot.

Al final del transportador para evitar que avance tanto como para tirar el palé se colocará otro detector capacitivo que verá el palé antes de que este llegue al final para que no se caiga, este detector sirve para colocar el palé en una posición en la que pueda ser recogido con una carretilla.

Como un detector por sí solo no es muy seguro, ya que si por el motivo que sea no viera el palé este se caería con los riesgos para la seguridad que eso conlleva, se programará para que mediante el encoder no se deje avanzar a un palé más allá del límite del transportador, solo se volverá a hacer avanzar una vez que el detector lo haya visto y luego lo haya dejado de ver, de esta manera se consigue que si el detector no ve todo se pare evitando riesgos para la seguridad de las personas y equipos.

8.3. Pórtico

El elemento denominado pórtico está constituido por los siguientes componentes:

- Estructura soporte (x1).
- Placa base 90x90 (x2).
- Arandela M8 (x20).
- Tornillo M8x20 (x16).
- Brida pórtico (x1).
- Tornillo M12x120 (x4).
- Arandela M12 (x4).
- Tuerca M12 (x4).
- Robot UR10 (x1).
- Tuerca M8 (x4).
- Tornillo M8x35 (x4).
- Taco de piso (x8).
- Herramienta (x1).
- Cuadro eléctrico y neumático (x1).
- Caja del controlador (x1).

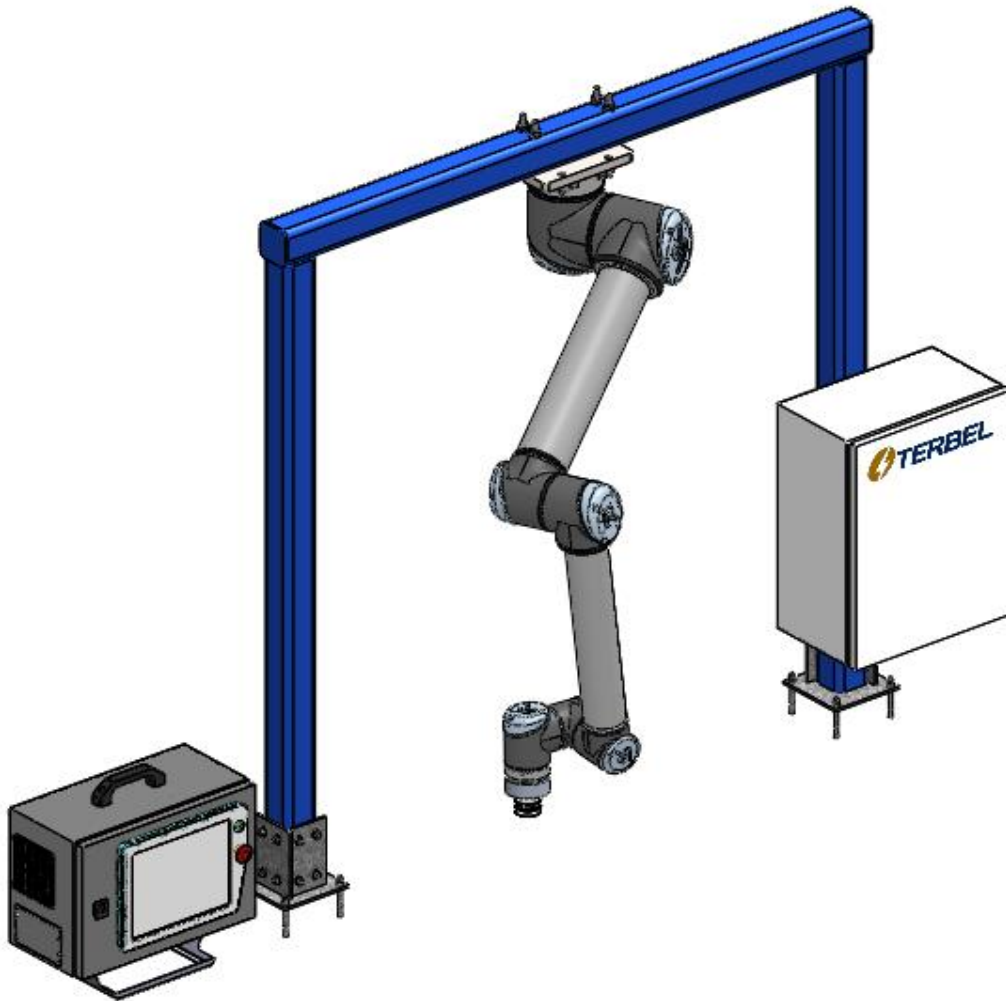


Ilustración 18: pórtico

8.3.1. Estructura soporte

Estructura soldada de acero lacado que sirve como soporte para algunos de los elementos que componen el pórtico, además de utilizarse para hacer llegar los cables desde el cuadro y desde la caja del controlador hasta el brazo del robot.

Los agujeros para pasar los cables y para sujetar el cuadro no se han incluido porque se realizarán durante la puesta en marcha, ya que puede haber modificaciones en esa fase.

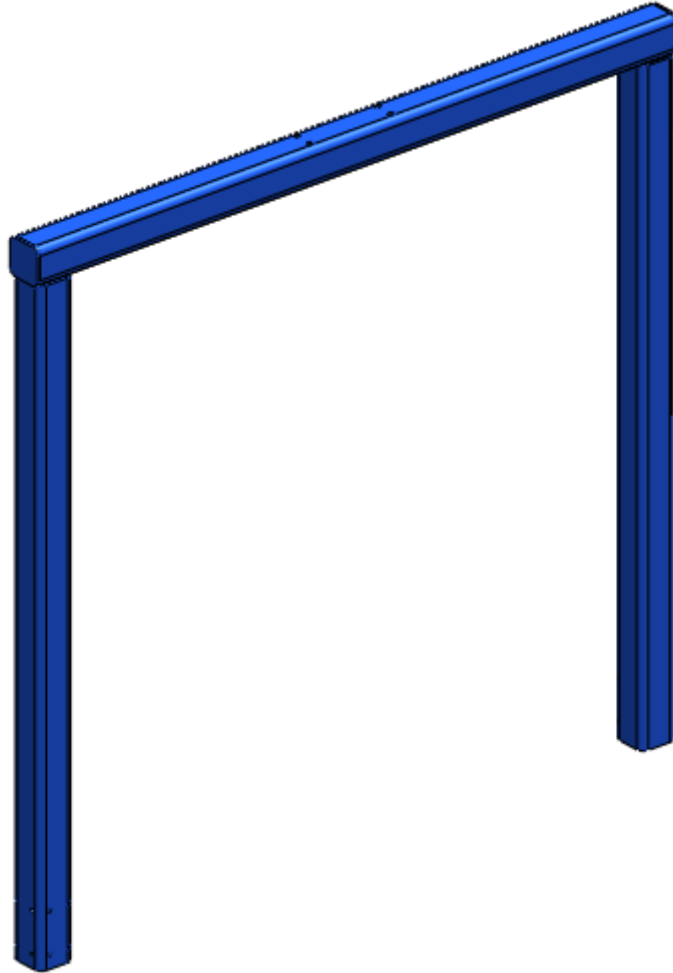


Ilustración 19: estructura soporte

8.3.2. Placa base 90x90

Placa de acero de la marca Bosch Rexroth que se utiliza para anclar la estructura soporte al suelo.

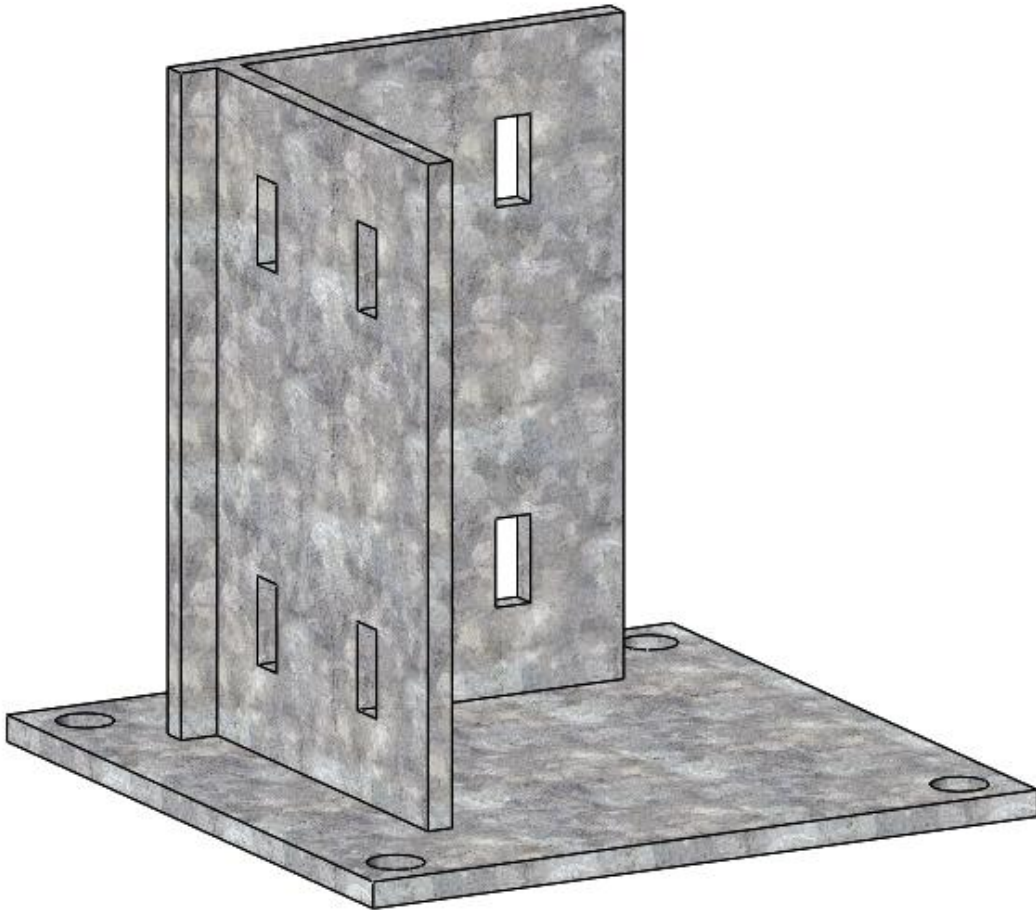


Ilustración 20: placa base 90x90

8.3.3. Arandela M8

Arandela normalizada A 8,4 DIN 125 de acero.

Estas se emplean tanto para la unión de la placa base con la estructura soporte como para la unión de la brida con el robot UR10.

8.3.4. Tornillo M8x20

Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 20 mm.

Estos se emplean en la unión de la placa base con la estructura soporte, van atornillados directamente a la estructura.

8.3.5. Brida pórtico

Elemento fabricado en acero estructural S185 por mecanizado que sirve como unión entre el robot UR y la estructura soporte, va atornillado a ambos.

Este elemento es necesario ya que el robot debe ir atornillado sobre una superficie con una cierta tolerancia de planitud, tolerancia que el perfil superior de la estructura no cumple.

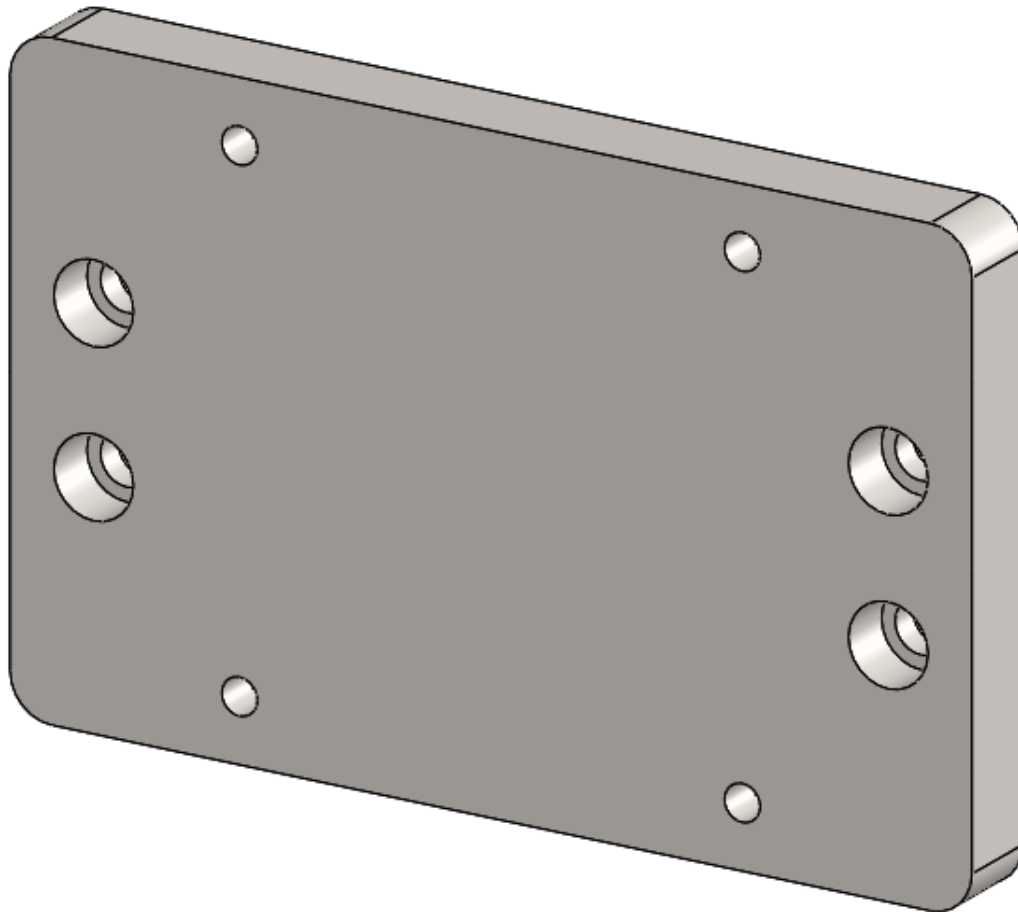


Ilustración 21: brida pòrtico

8.3.6. Tornillo M12x120

Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 12 y longitud de vástago 120 mm.

Estos se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

8.3.7. Arandela M12

Arandela normalizada A 13 DIN 125 de acero.

Estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

8.3.8. Tuerca M12

Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 12.

Estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

8.3.9. Robot UR10

Brazo robótico programable colaborativo de la marca UR Robots, modelo UR10.

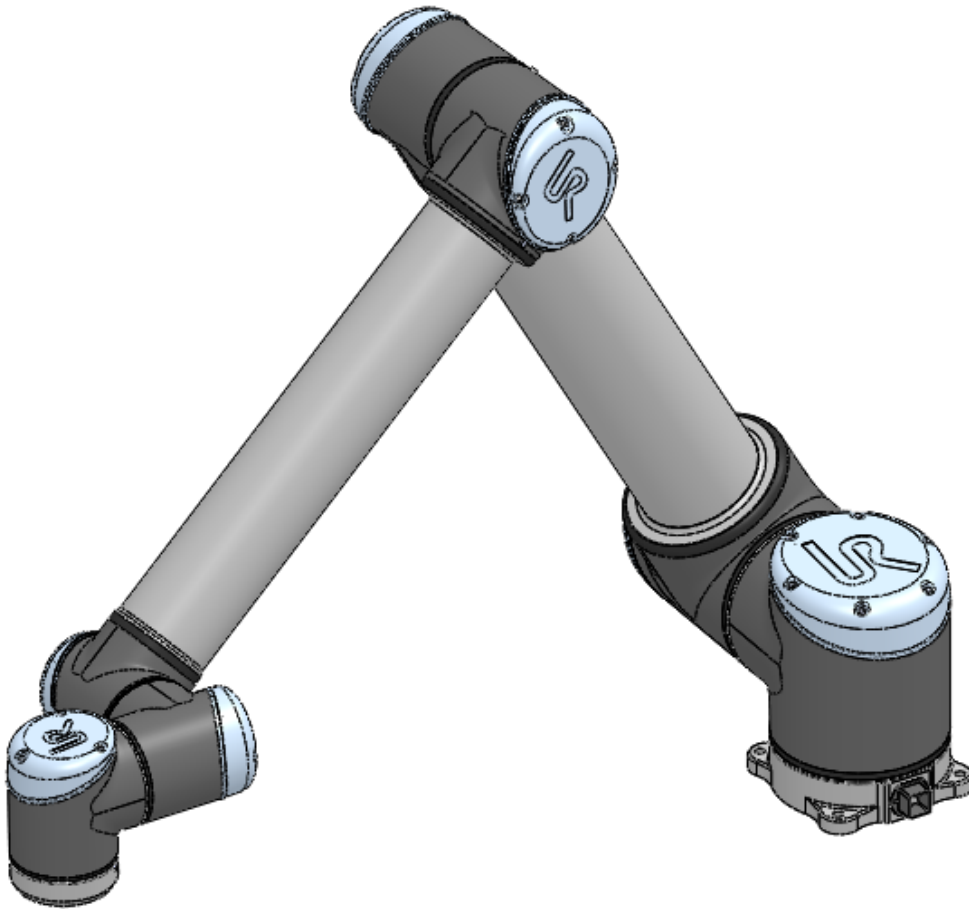


Ilustración 22: robot UR10

8.3.10. Tuerca M8

Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 8.

Se emplean en la unión del robot UR con la brida.

8.3.11. Tornillo M8x35

Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 35 mm.

Se emplean en la unión del robot UR con la brida.

8.3.12. Taco de piso

Anclaje comercial de la marca Bosch Rexroth, modelo cuya referencia del fabricante es 3842526561, específico para las placas base utilizadas.

Sirve como elemento de anclaje de las placas base al suelo.

8.3.13. Herramienta

Conjunto que va atornillado a la muñeca del robot y que incluye la ventosa para generar una zona de vacío en la superficie de las cajas y poderlas mover.

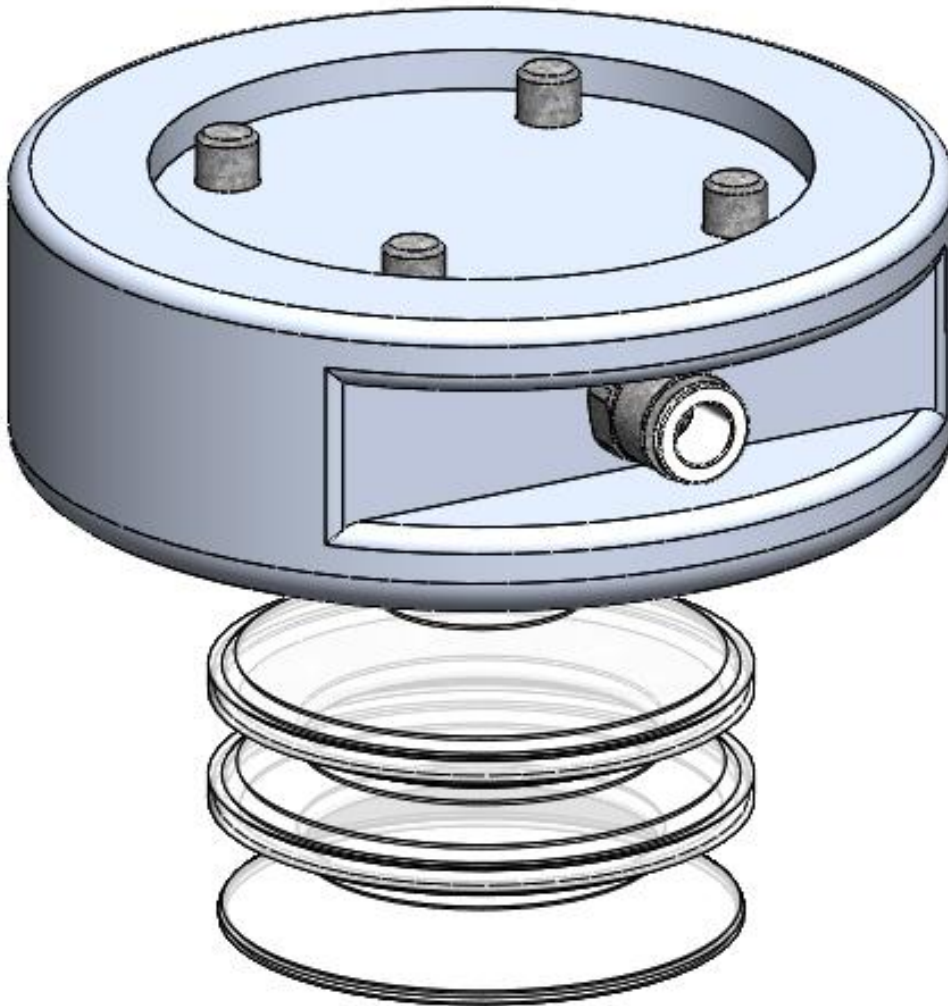


Ilustración 23: herramienta

Los elementos que componen la herramienta son:

- Brida herramienta (x1).
- Racor (x1).
- Ventosa (x1).
- Tornillo M6x25 (x4).

8.3.13.1. Brida herramienta

Pieza de aluminio aleación 1060 mecanizada.

Sirve como soporte de todos los elementos que componen la herramienta, además debido a que los orificios para atornillar la ventosa y el racor están comunicados sirve para hacer llegar el vacío a la ventosa conectando un tubo de vacío al racor.

El tubo de vacío vendría desde el cuadro pasando por la estructura y por el brazo.

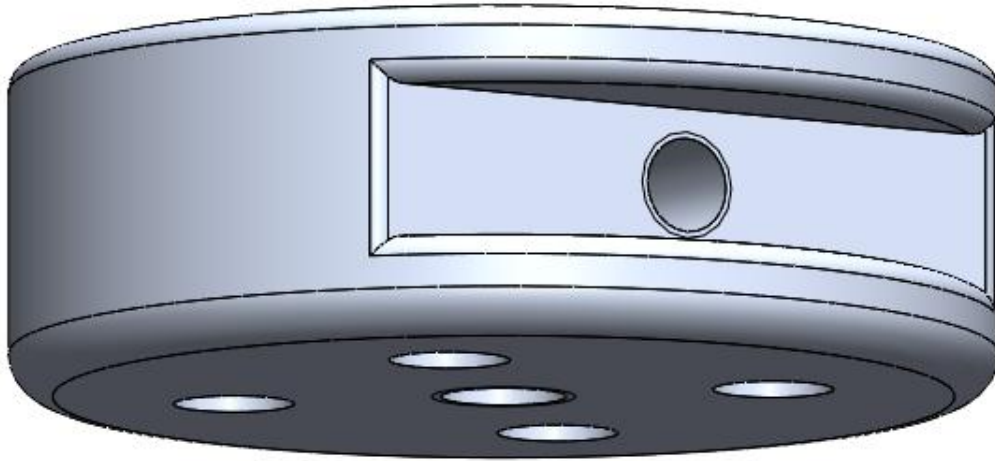


Ilustración 24: brida de la herramienta

8.3.13.2. Racor

Elemento de conexión de la marca SMC, modelo KQ2H06-01S1.

Es el elemento que permite conectar el tubo de vacío a la brida para alimentar la ventosa.

La forma de la brida hace que el racor quede en su interior, de manera que las aristas que este tiene no sobresalgan pudiendo causar daños en caso de una colisión del brazo con una persona. De esta manera lo único que sobresale es el tubo de vacío.

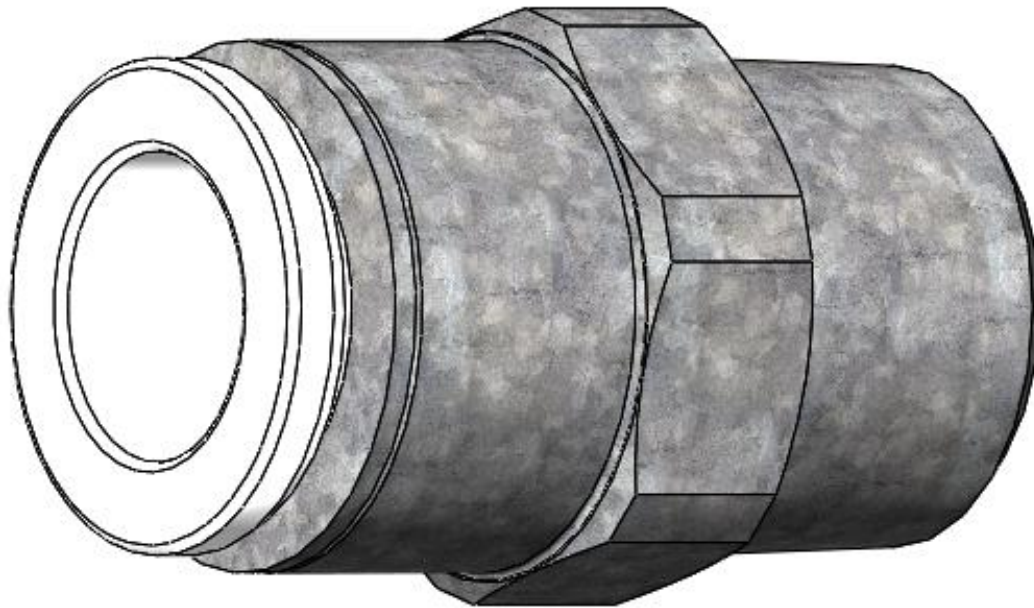


Ilustración 25: racor

8.3.13.3. Ventosa

Ventosa con racor de la marca AR, va atornillada directamente a la brida de la herramienta.

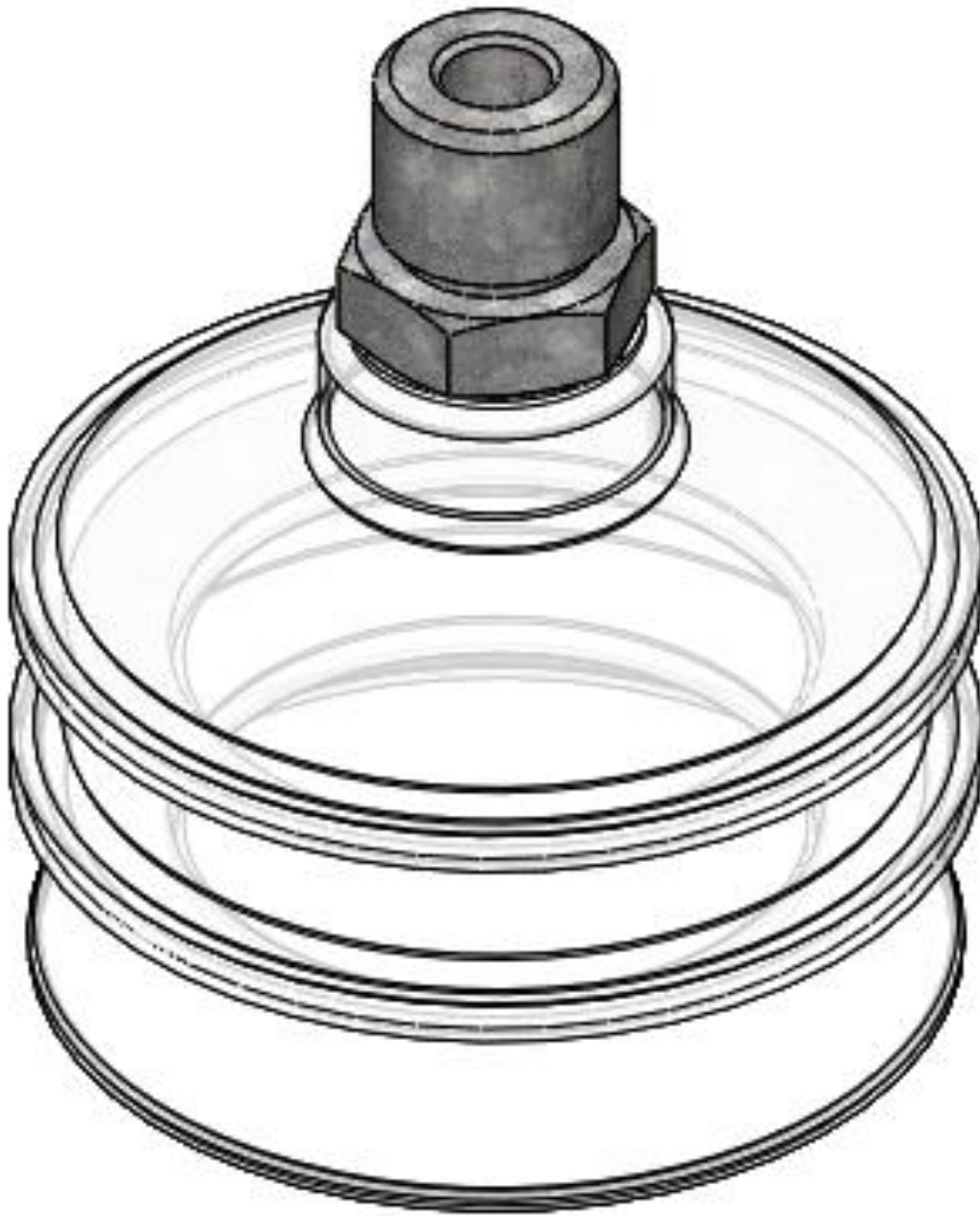


Ilustración 26: ventosa

8.3.13.4. Tornillo M6x25

Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 6 y longitud de vástago 25 mm.

Se emplean 4 de estos tornillos para unir la herramienta a la muñeca del robot.

8.3.14. Cuadro eléctrico y neumático

Este elemento será diseñado a medida para la aplicación por la empresa Montaje Eléctricos Terbel, las dimensiones representadas en los planos son por tanto orientativas, se dispone de bastante espacio en el lugar en el que va colocado.



Ilustración 27: cuadro eléctrico y neumático

El cuadro debe contener todos los elementos eléctricos y neumáticos necesarios para hacer funcionar la aplicación que el fabricante considere necesarios, incluyendo un autómatas para programar los movimientos de los diferentes transportadores (este estará comunicado con la caja del controlador del robot), conexionado eléctrico para el robot y para los transportadores y los elementos necesarios para generación del vacío necesario.

El cuadro se debe alimentar únicamente con un cable a la tensión que considere el fabricante y con un tubo de presión de aire en las condiciones de presión y caudal que el fabricante considere necesarias.

Si el fabricante lo considera necesario se puede sustituir el cuadro acoplado a la estructura por uno externo, dependiendo de las dimensiones del cuadro que sea necesario.

Si finalmente va acoplado a la estructura esto se hará con tornillos autotaladrantes, durante la puesta en marcha.

8.3.15. Caja del controlador

Elemento comercial de la marca UR Robots, modelo CB2, es la caja de control que viene incluida para el robot UR10.

Viene con una pantalla que permite programar el robot y con todos los elementos necesarios para su conexión y comunicación con los diferentes elementos de la célula.

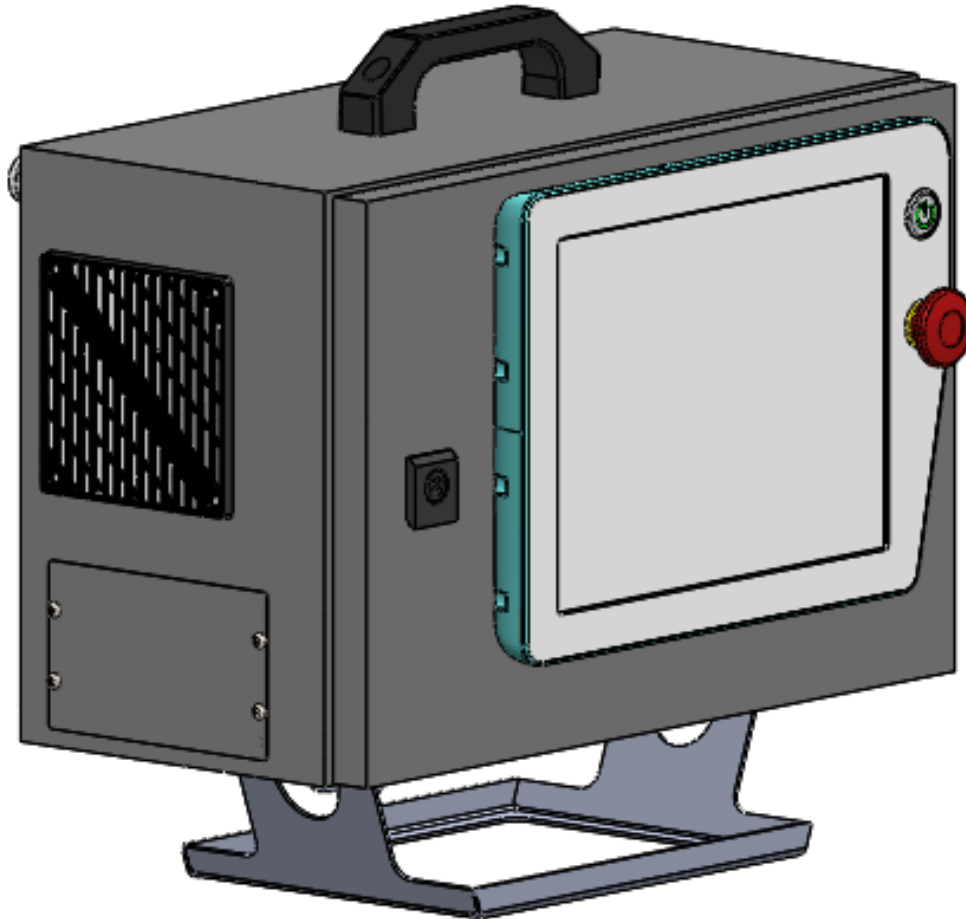


Ilustración 28: caja del controlador

9. PLANIFICACIÓN

En este apartado se expone la planificación temporal de las diferentes fases que incluye la realización del proyecto (las fechas se ponen a modo de ejemplo, ya que no es un proyecto que esté orientado a una empresa concreta, es genérico).

Las diferentes fases en este caso son:

- Fase de ensayos previos a la fabricación.

- Fase de preparación.
- Fase de fabricación y compra de elementos.
- Fase de ensayos sobre elementos constitutivos del producto.
- Fase de montaje y programación.
- Fase de ensayos sobre el producto final.
- Fase de elaboración de documentación final.
- Fase de formación de operarios.

Fechas de inicio y fin de cada actividad:

Actividades	Inicio	Duración (días)	Fin
Ensayos previos	01/10/2019	14	15/10/2019
Preparación	01/10/2019	14	15/10/2019
Fabricación y compras	15/10/2019	30	14/11/2019
Ensayos elementos	20/10/2019	25	14/11/2019
Montaje y programación	21/10/2019	28	18/11/2019
Ensayos finales	19/11/2019	1	20/11/2019
Documentación	19/11/2019	14	03/12/2019
Formación	21/11/2019	1	22/11/2019

Ilustración 29: fechas

Diagrama de Gantt:

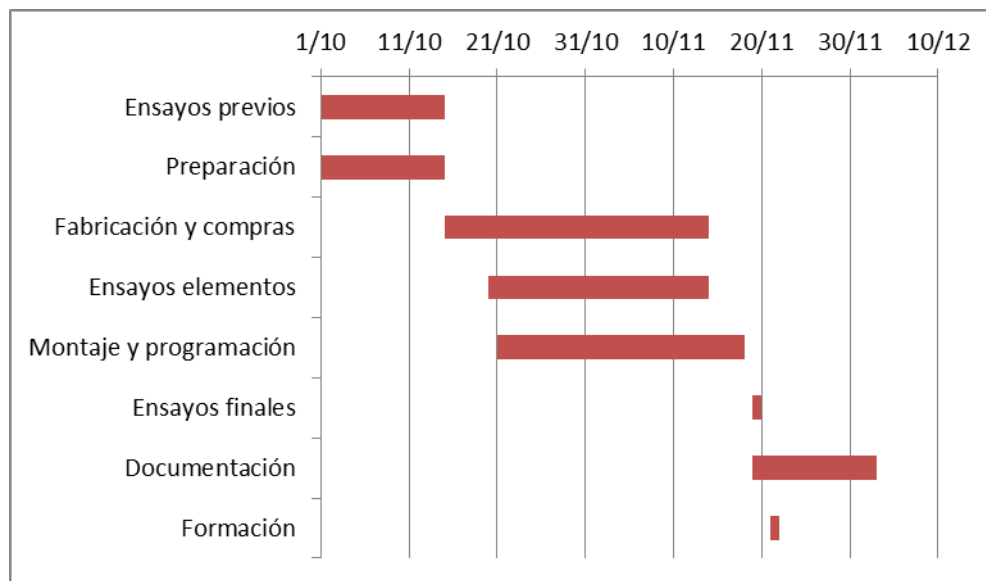


Ilustración 30: diagrama de Gantt

9.1. Fase de ensayos previos a la fabricación

Estos están descritos con detalle en el apartado correspondiente del pliego de condiciones.

Consiste básicamente en comprobar que los materiales reales que se emplearán cumplen como mínimo las condiciones de diseño en todos los aspectos.

Esta fase debe realizarse simultáneamente a la fase de preparación.

9.2. Fase de preparación

En esta se elaborarán los elementos necesarios para la fabricación de las piezas que así lo requieran y se realizarán los pedidos necesarios a los fabricantes, el final de esta fase marca el inicio de la fase de fabricación y compras.

9.3. Fase de fabricación y compras

Se inicia cuando el diseño de todos los elementos que componen la célula robotizada haya concluido y se hayas elaborado los diferentes planos de fabricación de los elementos que así lo requieran.

Se dará por concluida una vez que se disponga de todos y cada uno de los elementos que componen el producto.

9.4. Fase de ensayos sobre elementos constitutivos del proyecto

Según se vaya disponiendo de los elementos que componen el producto ya se puede proceder a la fase de ensayos sobre elementos constitutivos, se hará según lo establecido en el pliego de condiciones en su apartado correspondiente, fundamentalmente consiste en comprobar que no haya defectos y que las dimensiones que se especifican en los planos se hayan cumplido tras la fabricación.

9.5. Fase de montaje y programación

En esta fase como su propio nombre indica se monta el producto en su lugar de funcionamiento y se programa el autómatas y el robot, si se han seguido todos los pasos anteriores no debería haber ningún problema para que todo encaje en su sitio, ya que se han comprobado las dimensiones de todos los elementos que podrían tener errores en su fabricación. Esta fase puede solaparse con la fase anterior, ya que según se vaya disponiendo de los elementos estos se irán comprobando y montando.

9.6. Fase de ensayos sobre el producto final

En la fase de ensayos sobre el producto final se comprueba que el producto funcione correctamente, la forma de hacerlo se indica en el apartado correspondiente del pliego de condiciones.

9.7. Fase de elaboración de documentación final

Durante los ensayos finales se puede proceder a la ejecución de la fase de elaboración de documentación final, esto no se puede hacer antes porque incluye fundamentalmente elementos como instrucciones y el estudio de seguridad y salud que deben hacerse una vez esté todo montado y programado, ya que durante la programación y el montaje siempre hay

modificaciones de elementos de seguridad y funcionamiento para adaptarlos al uso concreto que se le quiera dar a la célula robotizada.

La fase de elaboración de documentación se dará por concluida cuando se entregue al cliente una copia de los documentos relativos al marcado CE del producto.

9.8. Fase de formación de operarios

La última fase (puede hacerse a la vez que la elaboración de documentación) es la fase de formación de operarios, una vez concluidas las pruebas se forma a los empleados en el funcionamiento del robot, para que sean capaces de realizar programas nuevos a partir del programa plantilla, y para que se familiaricen con el funcionamiento de toda la célula robotizada.

Una vez completadas todas las fases se dará por concluido el proyecto y se puede empezar a utilizar la célula en condiciones normales de producción.

10. ORDEN DE PRIORIDAD

El orden de prioridad no se modifica, se seguirá el propuesto por la normativa.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Anexos

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	04/03/2019
Fecha de actualización	21/07/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	ANEXO I: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	5
3.	ANEXO II: CÁLCULOS	6
3.1.	Cálculo de elementos constructivos	6
3.1.1.	Estructura soporte.....	6
3.1.2.	Placa base 90x90	9
3.1.3.	Brida pórtico.....	11
3.1.4.	Brida herramienta.....	12
4.	ANEXO III: PROGRAMA DEL ROBOT	14
5.	ANEXO IV: MANUAL DE INSTRUCCIONES	21
5.1.	Normas de seguridad y salud.....	21
5.2.	Descripción de la máquina	22
5.3.	Instrucciones de uso	25
5.3.1.	Operaciones previas a la puesta en marcha	25
5.3.2.	Puesta en marcha.....	26
5.3.3.	Funcionamiento en condiciones normales	27
5.3.4.	Creación de un nuevo programa de paletizado.....	28
5.3.5.	Comprobar funcionamiento.....	35
5.3.6.	Actuación en caso de parada repentina	35
5.3.7.	Apagado de la máquina	36
5.4.	Instrucciones de mantenimiento	36
5.4.1.	Brazo del robot	36
5.4.2.	Transportador de cajas	36
5.4.3.	Transportador de palés	36
5.5.	Zonas de trabajo	37
5.6.	Actuación en caso de accidente.....	37
5.7.	Actuación en caso de avería	37
6.	ANEXO V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	37
6.1.	Normas de seguridad y salud.....	37
6.2.	Riesgos evitables y medidas correctoras	38
6.2.1.	Medidas de protección adoptadas.....	39

6.3.	Riesgos no evitables y medidas preventivas	40
6.3.1.	Medidas preventivas.....	41
6.4.	Actuaciones en caso de emergencia	41
7.	ANEXO VI: MARCADO CE.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: pórtico	6
Ilustración 2: estructura soporte	7
Ilustración 3: estructura soporte tensiones	8
Ilustración 4: estructura soporte deformaciones.....	9
Ilustración 5: placa base 90x90	10
Ilustración 6: brida pórtico cargas y soportes.....	11
Ilustración 7: brida pórtico tensiones	11
Ilustración 8: brida herramienta	12
Ilustración 9: brida herramienta puntos de impacto	13
Ilustración 10: brida herramienta tensiones	13
Ilustración 11: programa plantilla	14
Ilustración 12: puntos a ajustar	16
Ilustración 13: secuencia de recogida	18
Ilustración 14: secuencia de dejada.....	20
Ilustración 15: conjunto completo 1	23
Ilustración 16: conjunto ampliado 1	23
Ilustración 17: conjunto completo 2.....	24
Ilustración 18: conjunto ampliado 2.....	25
Ilustración 19: zona de carga de palés.....	26
Ilustración 20: botón de encendido	26
Ilustración 21: ejecutar programa.....	27
Ilustración 22: palé a retirar	27
Ilustración 23: programar robot	28
Ilustración 24: cargar programa	29
Ilustración 25: crear puntos de paso.....	30
Ilustración 26: puntos a ajustar	31
Ilustración 27: ajustar punto de paso.....	32
Ilustración 28: formas de ajustar punto.....	33
Ilustración 29: copiar y pegar.....	34
Ilustración 30: desplegable archivo.....	35
Ilustración 31: zonas de trabajo.....	37

Ilustración 32: marcado CE.....	43
---------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado del proyecto se incluyen datos que dependen del resto, pero que se considera conveniente colocar separados debido a su extensión, grado de profundidad o naturaleza.

Los aspectos que se han considerado más importantes para la correcta definición del proyecto y por tanto se han incluido son:

- Documentación de partida.
- Cálculos.
- Programa del robot.
- Manual de instrucciones.
- Estudio de seguridad y salud.
- Marcado CE

2. ANEXO I: DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

El objetivo principal del proyecto es realizar el diseño de una célula robotizada colaborativa para colocar cajas sobre un palé en una secuencia automatizada.

Se empleará un robot que sea fácil de programar, de forma que un operario con poca formación pueda modificar los puntos de recogida de cada caja y los puntos de dejada de la misma en el palé.

El conjunto está pensado para trabajar en una zona en la que puede haber operarios, por tanto el robot empleado debe ser colaborativo y su funcionamiento también debe serlo.

La célula robotizada se diseñará para trabajar en almacenes automatizados o al final de una línea de producción en la que el producto llegue en cajas de menos de 8 kg cerradas y de entre 60 y 300 mm en todas sus dimensiones o un rango mayor si es posible.

Los palés deberán ser colocados vacíos en un transportador de palés que permite tener un pulmón de almacenamiento de los mismos de forma que la autonomía del sistema sea la mayor posible dentro de unos límites de espacio razonables.

Los palés una vez cargados podrán llegar a una altura máxima de 700 mm.

El sistema está orientado a tiradas pequeñas, de modo que durante una misma jornada de trabajo se pueda trabajar con diferentes programas de paletizado e incluso programar algunos nuevos sin perder demasiado tiempo de producción.

3. ANEXO II: CÁLCULOS

3.1. Cálculo de elementos constructivos

El diseño y cálculo mecánico de los transportadores se deja al fabricante de los mismos, por tanto los cálculos que a continuación se detallan son los referentes a los elementos constitutivos del pórtico que se han diseñado específicamente para este proyecto.

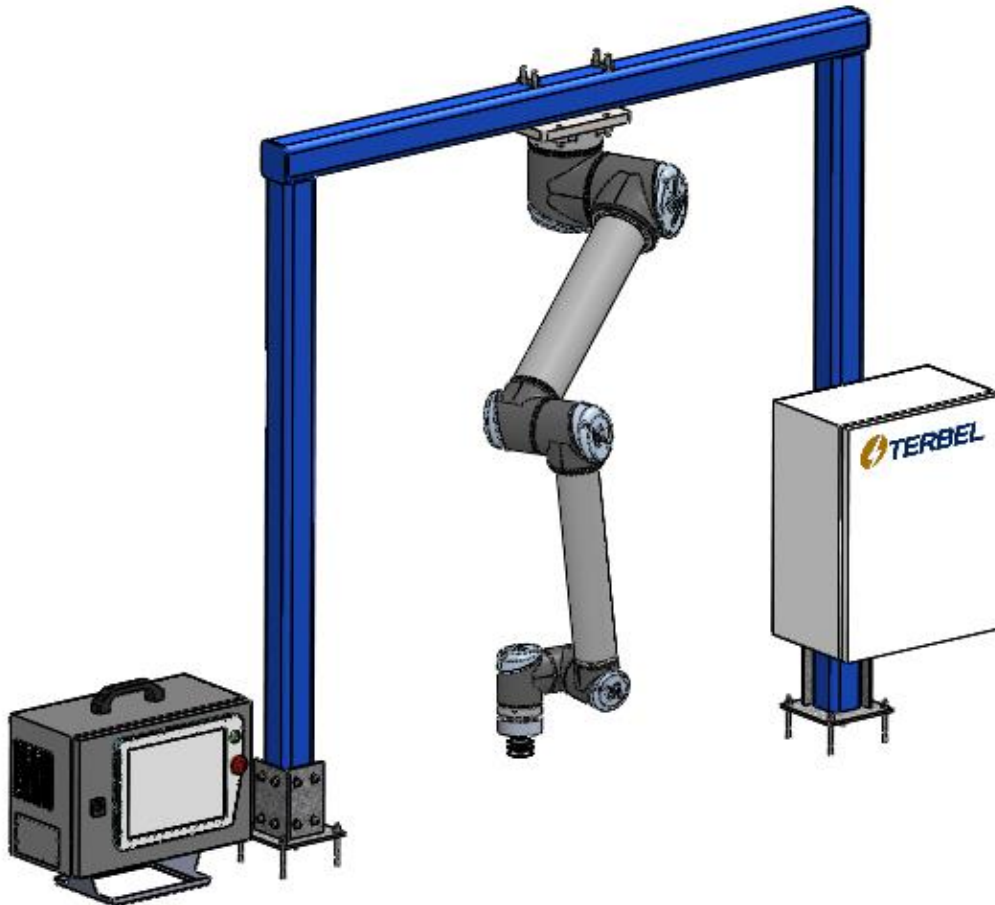


Ilustración 1: pórtico

3.1.1. Estructura soporte

Estructura soldada de acero lacado que sirve como soporte para algunos de los elementos que componen el pórtico.

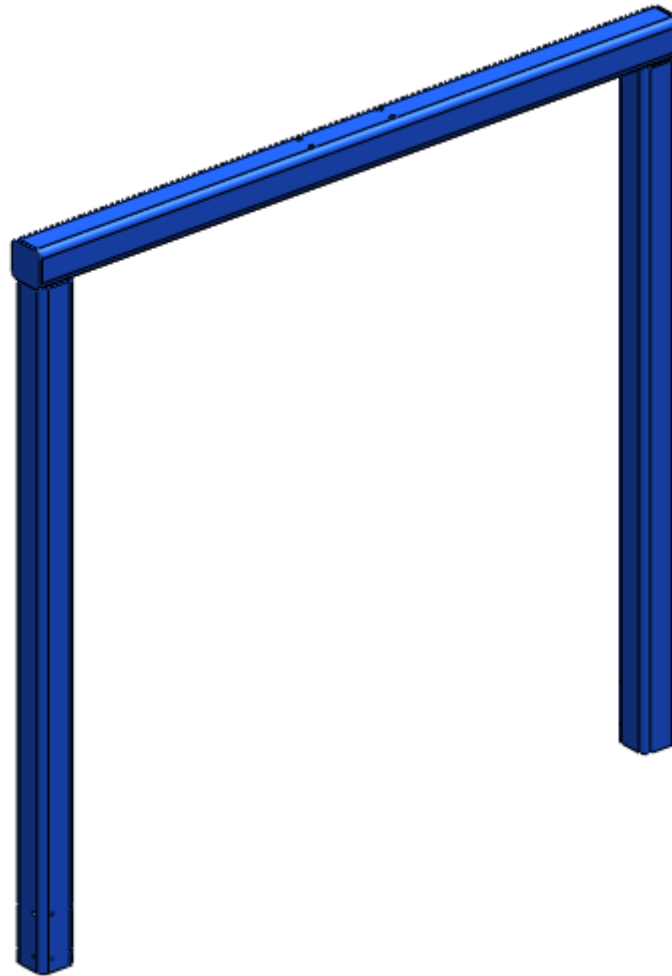


Ilustración 2: estructura soporte

Las cargas aplicadas a la estructura para el cálculo resistente, mediante el análisis estático son el peso propio de la misma y el peso del robot cargado en su punto más alejado.

Ese punto es a 500 mm de distancia, ya que su centro de gravedad como muy lejos llega hasta ahí, y el peso del robot cargado es de 39 kg como máximo.

Además también recibe los esfuerzos por la fuerza del robot al acelerar y frenar, en este caso la fuerza máxima que puede ejercer el robot es de 250 N, esta fuerza para el cálculo se aplicará en el mismo punto, dirección y sentido que la anterior, ya que cuando las 2 vayan en la misma dirección y sentido será la situación más desfavorable.

Por tanto queda una fuerza combinada de 640 N debidos al robot.

Se fijan los puntos en los que la estructura va sujeta a las placas base, obteniéndose los siguientes resultados:

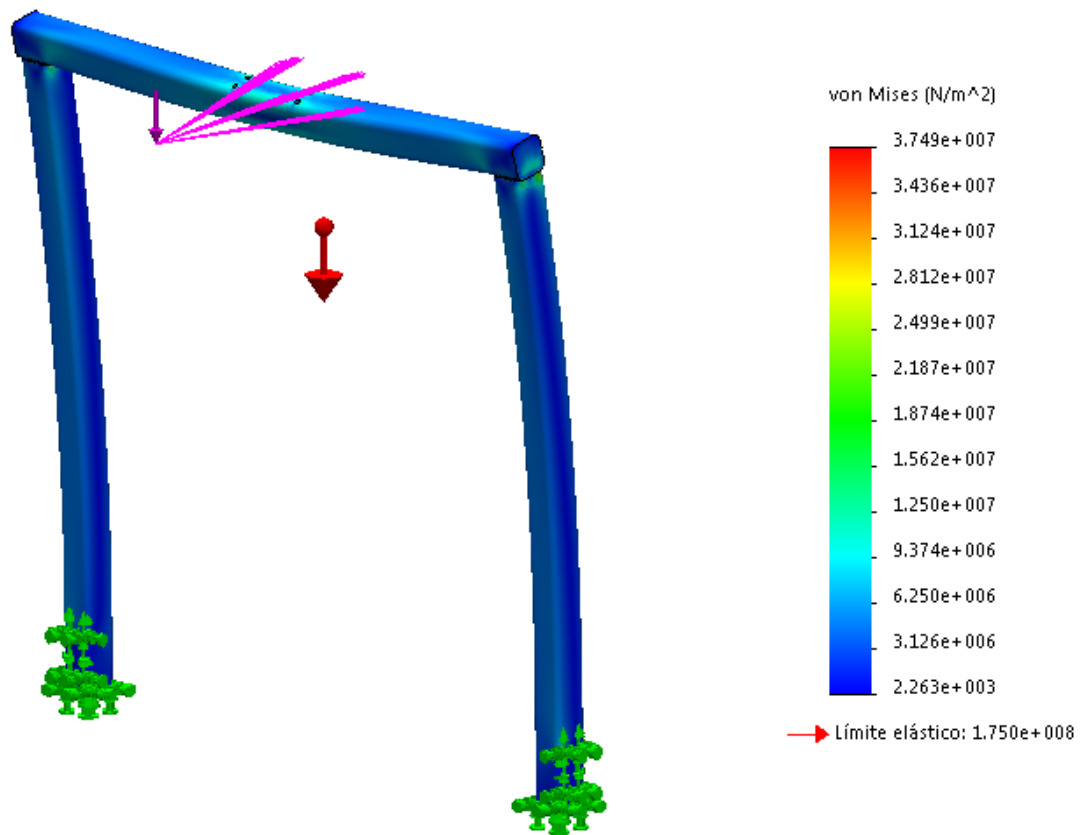


Ilustración 3: estructura soporte tensiones

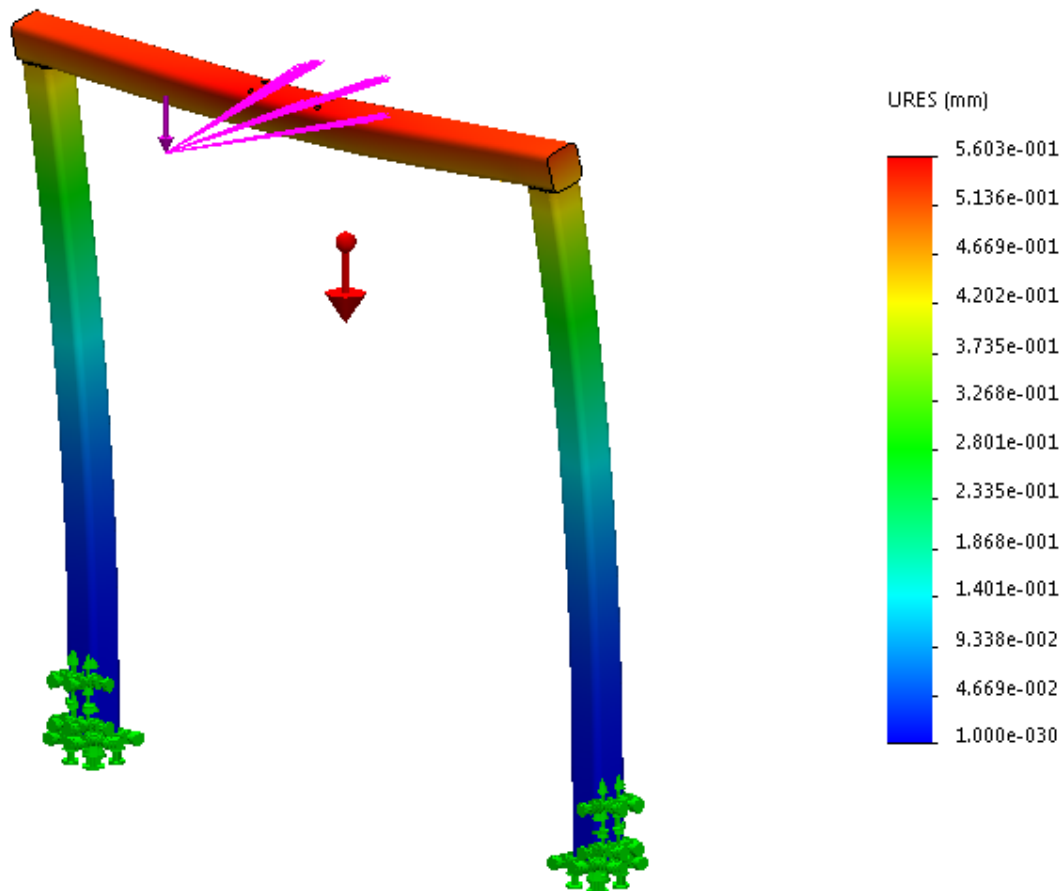


Ilustración 4: estructura soporte deformaciones

Como se puede apreciar la deformación de la estructura es despreciable y aguanta sin problemas las cargas estáticas, pero en este caso hay algunas cargas variables, por tanto hay que calcular a fatiga.

Este cálculo se realiza por el método de Soderberg para una carga (solo la que es por las aceleraciones del robot) que varía entre el valor máximo del análisis estático y un esfuerzo de sentido inverso.

Y cambiando de posición el peso al otro lado de la estructura, de forma que los esfuerzos queden al revés.

Resolviendo este análisis se obtiene que la resistencia de la estructura es tan grande que su vida a fatiga se considera infinita.

3.1.2. Placa base 90x90

Este es un elemento comercial cuya función es soportar la estructura del pórtico.

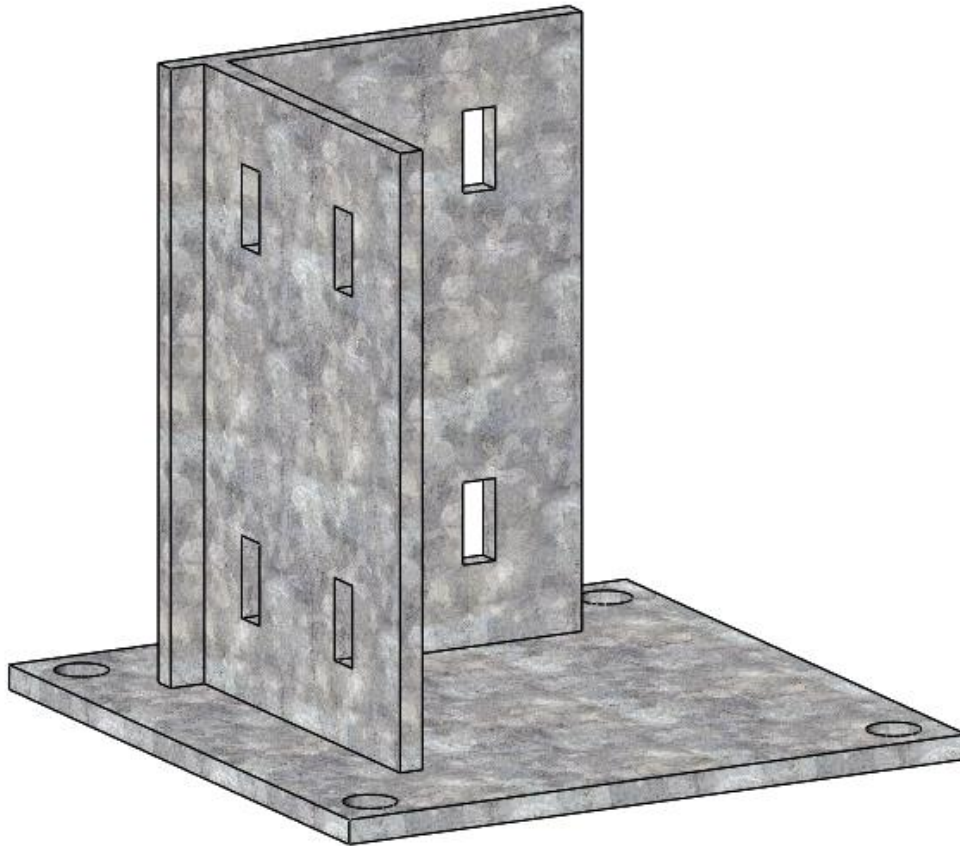


Ilustración 5: placa base 90x90

El fabricante aporta la siguiente documentación en lo referente a la resistencia del anclaje al suelo y al perfil de este elemento, teniendo en cuenta que la superficie a la que va a ir anclado debe ser de cemento y que se deben usar los tacos de piso correspondientes a esta placa base:

- Momento flector máximo de 1800 Nm
- Momento torsor máximo 2300 Nm.

En este caso el momento generado por el robot puede ser tanto flector como torsor (en la misma medida), ya que dependerá de hacia donde se esté moviendo.

El instante en el que más momento generará es cuando haya una parada o aceleración brusca, en ese caso la fuerza máxima del robot está limitada a 250 N.

El centro de gravedad del brazo se puede encontrar a una distancia máxima de 2,5 metros de una de las uniones.

Por tanto teniendo en cuenta todos estos valores (están mayorados) se obtiene un momento máximo en una de las uniones de 625 Nm, a esto hay que añadirle los 870 Nm por la estructura y peso del robot cargado, quedando un valor de 1495 Nm en condiciones muy desfavorables.

Por tanto únicamente con una unión sería suficiente, pero en este caso además se cuenta con 2 placas base de unión, por tanto el margen es muy grande.

3.1.3. Brida pórtico

Esta pieza sirve para unir el brazo del robot a la estructura soporte.

Recibe la fuerza generada por el peso del robot que cuando está cargado es de un máximo de 390 N y a una distancia máxima en la dirección más desfavorable para la pieza de 500 mm.

Además también recibe los esfuerzos por la fuerza del robot al acelerar y frenar, en este caso la fuerza máxima que puede ejercer el robot es de 250 N, esta fuerza para el cálculo se aplicará en el mismo punto, dirección y sentido que la anterior, ya que cuando las 2 vayan en la misma dirección y sentido será la situación más desfavorable.

Por tanto queda una fuerza combinada de 640 N.

Fijando los puntos en los que la brida va atornillada a la estructura soporte y aplicando la carga antes descrita sobre los puntos donde el robot va atornillado a la brida:



Ilustración 6: brida pórtico cargas y soportes

Para el análisis estático quedan los siguientes resultados:

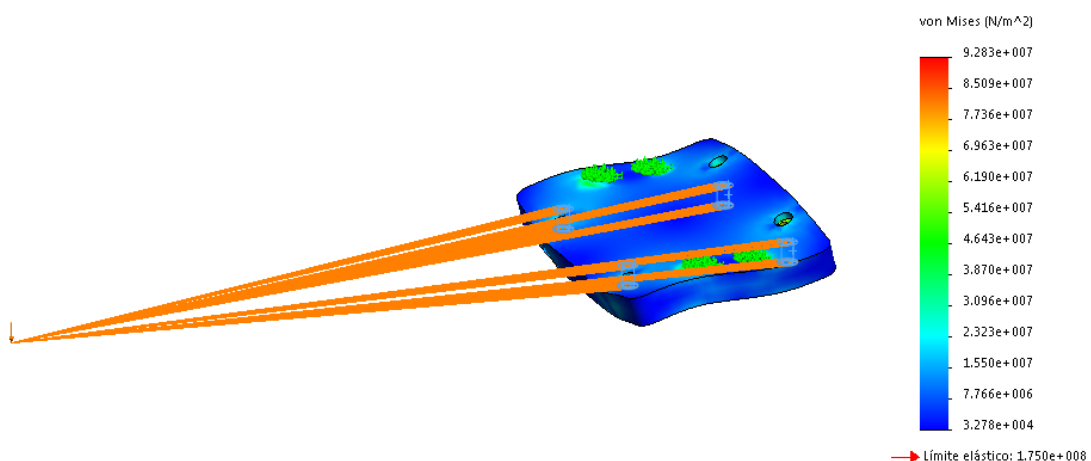


Ilustración 7: brida pórtico tensiones

Como se puede apreciar la pieza aguanta sin problemas las cargas estáticas, pero en este caso las cargas son variables, por tanto hay que calcular a fatiga.

Este cálculo se realiza por el método de Soderberg para una carga que varía entre el valor máximo del análisis estático y un esfuerzo de sentido inverso.

Resolviendo este análisis se obtiene que la resistencia del elemento es tan grande que su vida a fatiga se considera infinita.

3.1.4. Brida herramienta

Sirve como soporte de todos los elementos que componen la herramienta, además debido a que los orificios para atornillar la ventosa y el racor están comunicados sirve para hacer llegar el vacío a la ventosa conectando un tubo de vacío al racor.

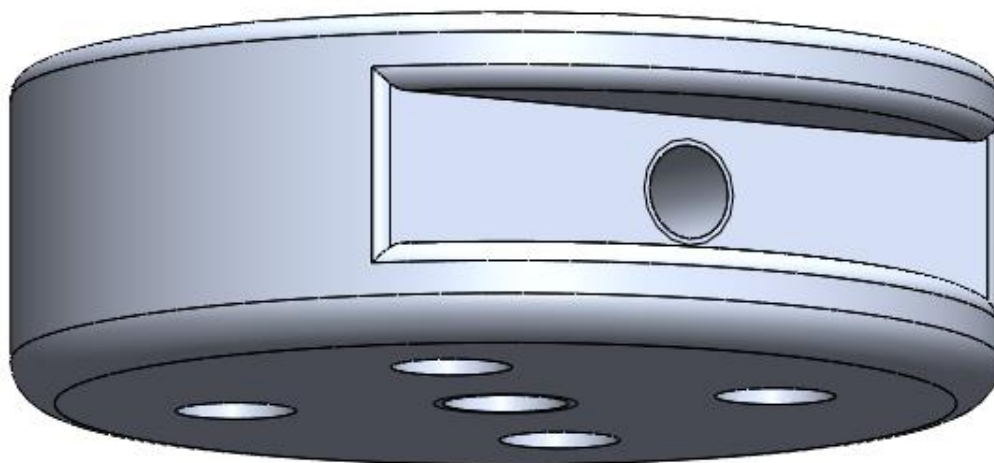


Ilustración 8: brida herramienta

Los esfuerzos a calcular son los relativos a impactos que el brazo pueda sufrir contra objetos, como la velocidad es reducida por motivos de seguridad la fuerza máxima que se va a utilizar para el cálculo es la que el robot ejerce antes de pararse debido a impacto, 65 N.

Se fijan los puntos donde la brida va atornillada al brazo y se coloca la fuerza en varios puntos que se consideran sensibles.

A continuación se puede apreciar cuales son esos puntos:

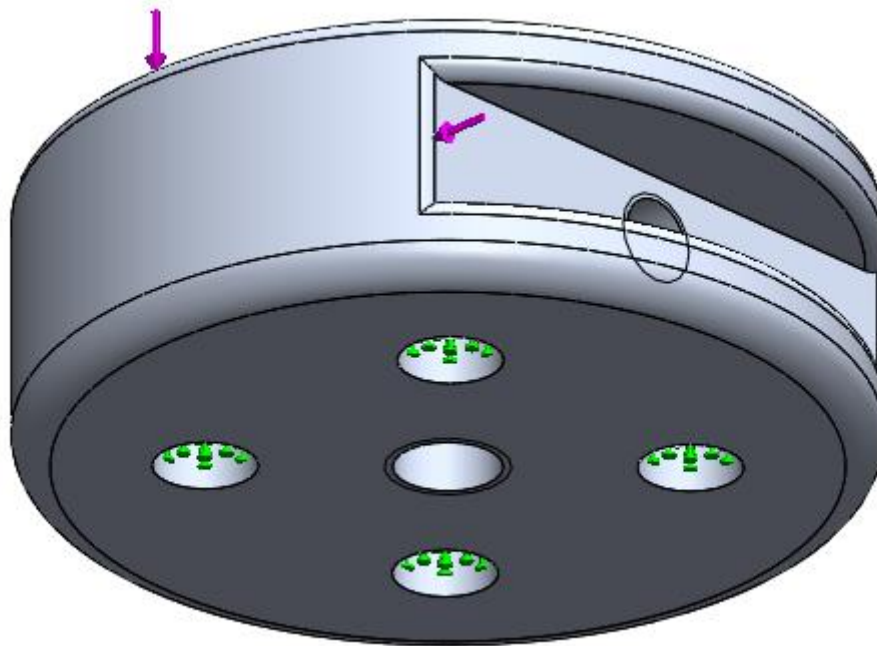


Ilustración 9: brida herramienta puntos de impacto

Los resultados obtenidos son los siguientes:

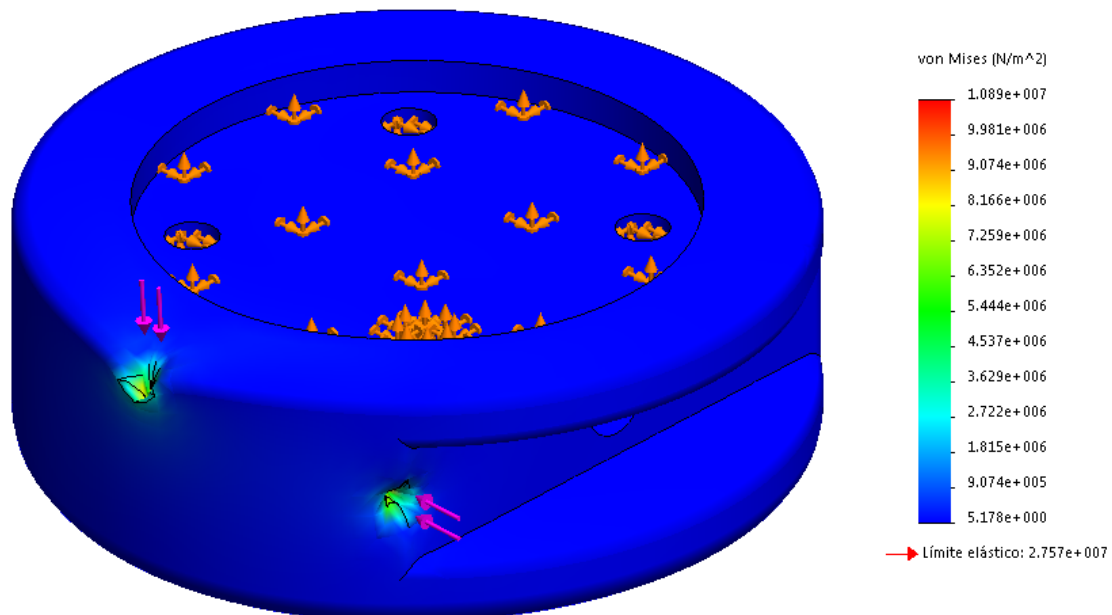


Ilustración 10: brida herramienta tensiones

Como se puede apreciar aplicando las cargas en 2 de los puntos más sensibles de la pieza esta aguanta los impactos sin problema, por tanto es válida para su utilización en la herramienta del robot.

4. ANEXO III: PROGRAMA DEL ROBOT

Este programa es una plantilla programada para que el operario ajuste los puntos de recogida y dejada de caja, puntos que no se pueden preprogramar porque varían dependiendo del tamaño de las cajas y del mosaico de dejada en el palé.

El programa plantilla sería el siguiente:

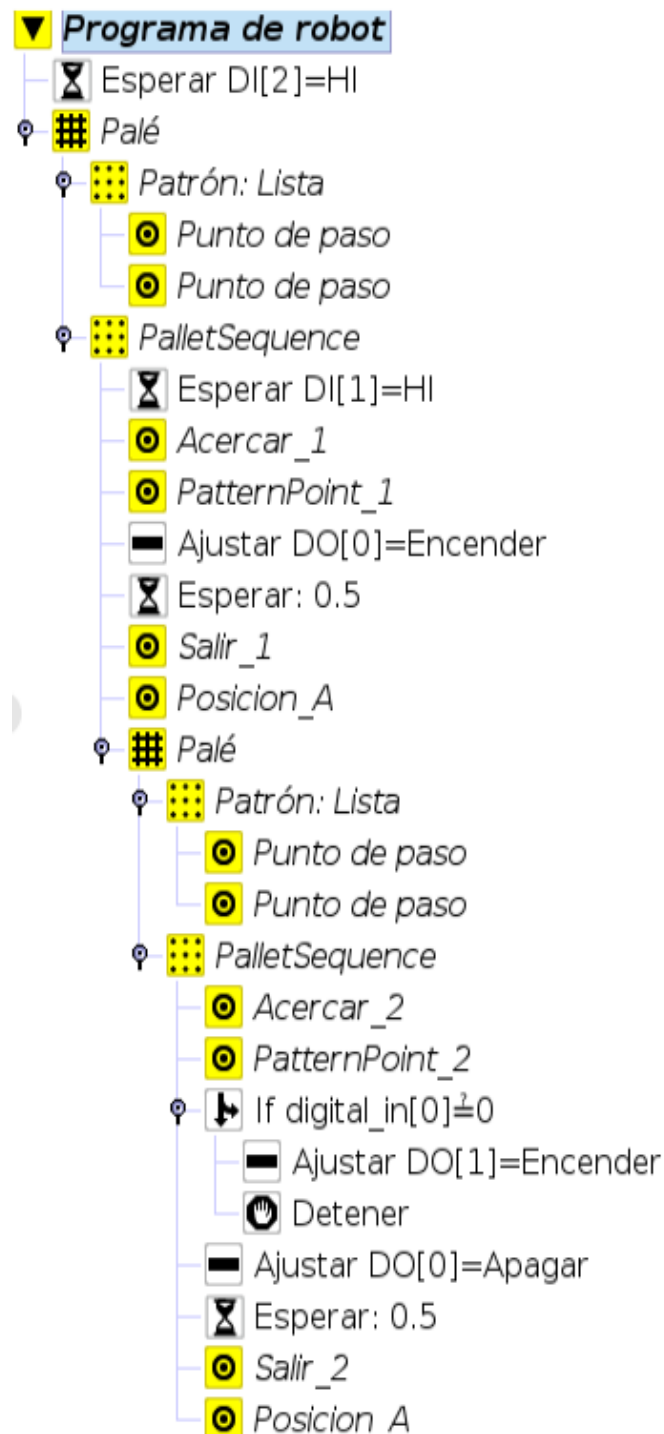
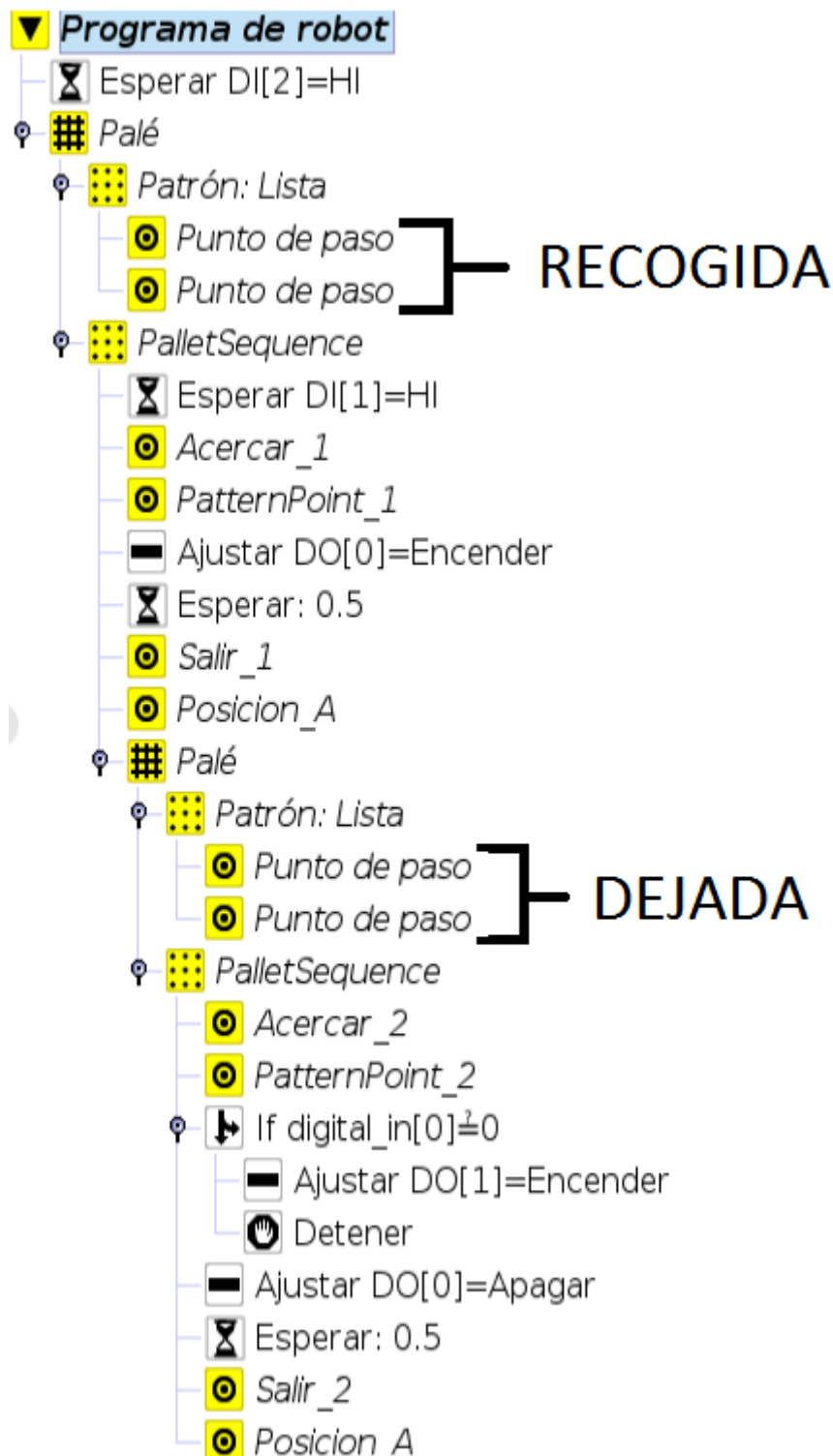


Ilustración 11: programa plantilla

En la plantilla aparecen únicamente 2 puntos de recogida y 2 de dejada, lo que corresponde a colocar 2 cajas en el palé.

Se pueden añadir todos los puntos que se quiera, siempre teniendo en cuenta que tiene que haber el mismo número de puntos de recogida que de dejada y que el primer punto de recogida irá con el primer punto de dejada y así sucesivamente.

En la siguiente imagen se indica cuáles son los puntos de recogida y de dejada dentro del programa:

**Ilustración 12: puntos a ajustar**

A continuación se va a explicar a grandes rasgos el funcionamiento del programa:

Cabe destacar que en los ajustes del programa se ha especificado que este se repita en bucle continuamente.

Lo primero que se hace es esperar a que la entrada digital 2 este activada ($DI[2]=HI$), esta entrada digital llega desde el autómata del cuadro y es la que indica que el palé está posicionado en su sitio.

Cuando este está activado se prosigue con el programa, el resto del programa está dentro de la secuencia palé, este es un asistente preprogramado por el fabricante del robot que lo que hace es que simplemente programando la forma de recoger un punto luego se pueda utilizar la misma forma para recoger en otros puntos. Por ejemplo si se va a recoger una caja que su centro de gravedad esté en un punto habrá que colocarse primero en un punto por encima, activar el vacío de la ventosa, bajar hasta el punto de recogida, comprobar que se ha hecho vacío y levantar hasta un punto por encima, para no tener que programar esto para cada punto de recogida de caja existe este asistente.

Como se ha indicado anteriormente los puntos de recogida son los primeros, a continuación está la secuencia de recogida:

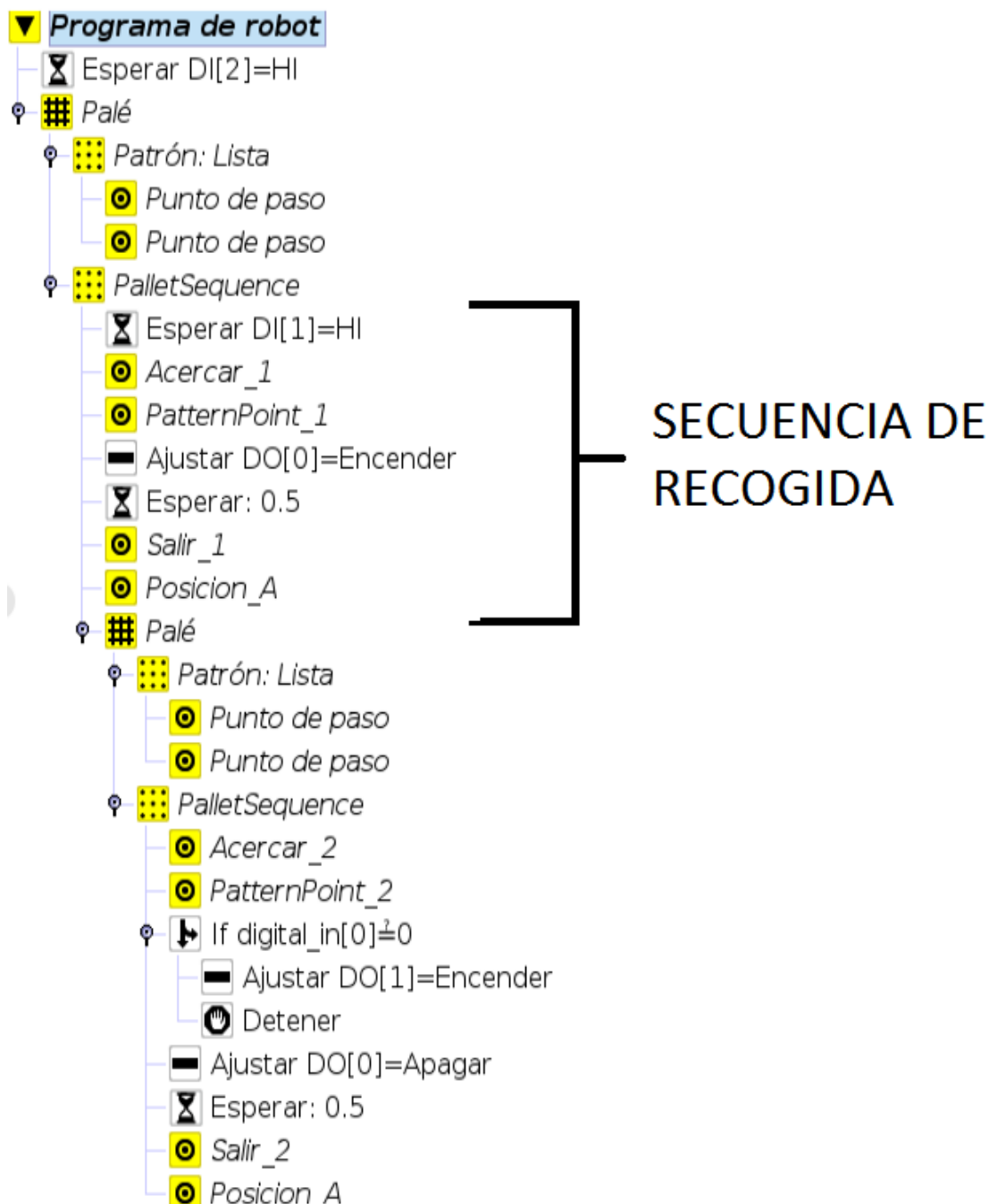


Ilustración 13: secuencia de recogida

En esta secuencia de recogida lo primero que se hace es esperar a que la entrada digital 1 este activada (DI[1]=HI) esta entrada llega desde el autómata e indica que el detector del transportador de cajas está activado, lo que quiere decir que hay una caja posicionada para ser recogida por el robot.

A continuación el robot se desplaza al punto llamado Acercar_1, que es un punto relativo al punto de recogida, concretamente un punto por encima de él.

Lo siguiente es desplazar el robot al punto de recogida, PatternPoint_1 y a continuación activar la salida digital 0 (DO[0]=Encender), esta salida envía una señal a la electroválvula que

envía vacío a la ventosa, en este momento si todo se ha hecho bien la ventosa tendrá cogida la caja.

Se esperan 0,5 segundos para asegurar que haya dado tiempo a hacer vacío correctamente y se desplaza el robot al punto llamado Salir_1, este punto es un punto relativo al punto de recogida (que como ya se ha comentado con anterioridad varía en función de la caja que se esté recogiendo).

El punto Salir_1 es un punto que está por encima del punto de recogida, a una altura suficiente para que en el siguiente movimiento se eviten los obstáculos que pudiera haber.

Lo siguiente es dirigir el robot al punto llamado Posicion A, este punto es un punto intermedio entre la zona de recogida de caja y la zona donde se encuentra el palé, un punto que permita evitar todos los obstáculos que hay por medio tanto para llegar a él como luego al ir a dejar la caja en el palé. Este punto por tanto es un punto fijo, no es relativo a la posición de recogida de caja ni a la de dejada, esto se indica en los ajustes del punto que permite el entorno de programación.

La secuencia palé que aparece a continuación es la relativa a los puntos de dejada de caja en el palé, este asistente se utiliza de la misma forma que el de recogida pero en este caso para dejar las cajas en su sitio.

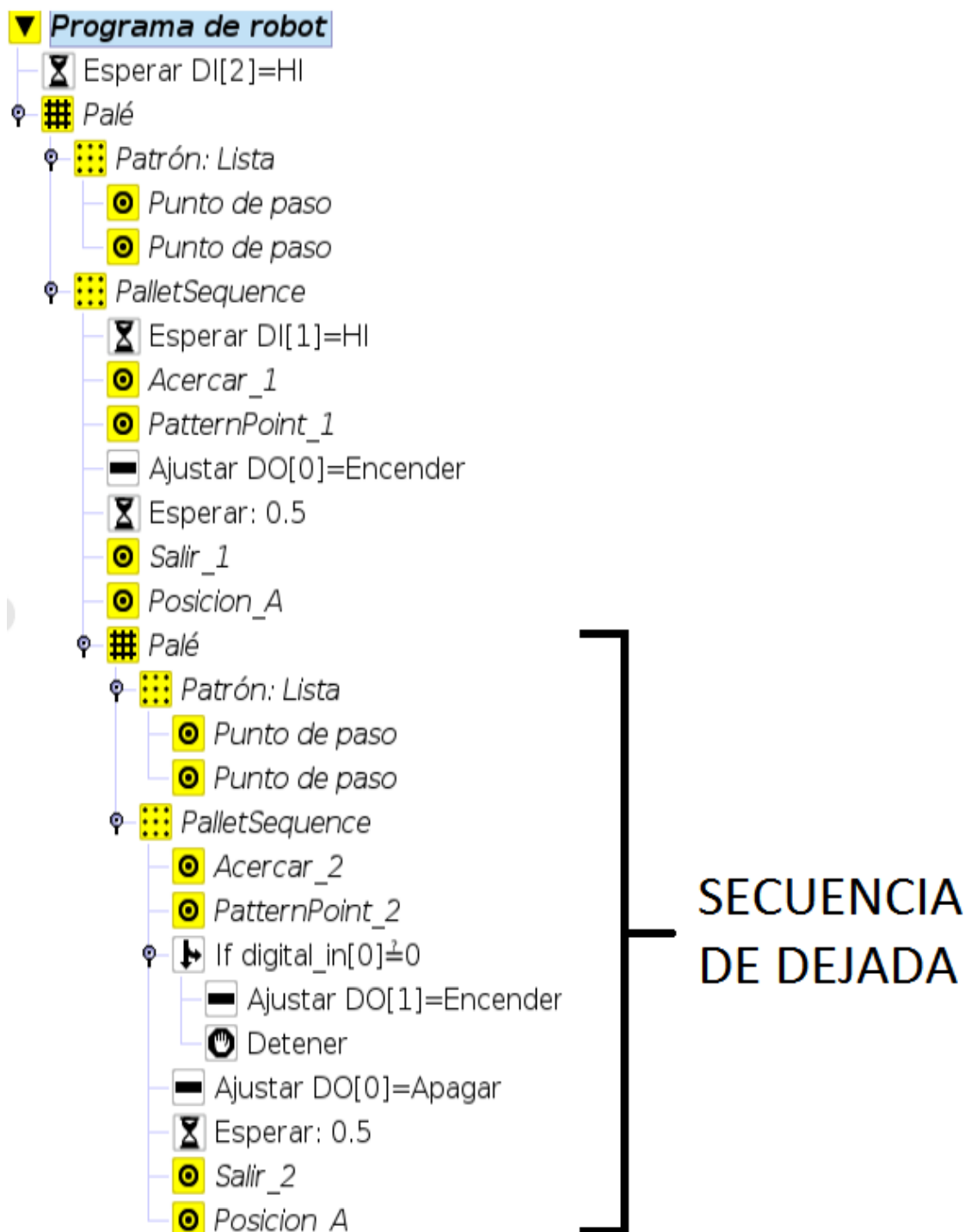


Ilustración 14: secuencia de dejada

Lo primero que aparece son los puntos de dejada, en este caso hay preprogramados 2, con respecto a estos puntos se realizará la secuencia de dejada.

Desde el punto Posicion A el robot se mueve al punto llamado Acercar_2, este es un punto situado encima del punto de dejada, de forma que llegando al él desde el punto Posición A no se golpee el palé. Este es por tanto un punto relativo al punto de dejada.

Lo siguiente es bajar hasta el punto de dejada, llamado en la secuencia de dejada PatternPoint_2, una vez el robot se encuentre ahí se supone que la caja está posicionada en su sitio.

Lo siguiente que se hace es una comprobación de que la ventosa sigue haciendo vacío, para asegurar que durante el transporte no haya habido ningún problema y que la caja está su posición.

Esto se hace comprobando una de las entradas digitales, en este caso la 0 (digital_in[0]=0) si esta entrada está a 0 quiere decir que el vacuostato indica que la presión no es menor de un valor preconfigurado y que por tanto la ventosa no está haciendo vacío. Esta señal también llega desde el autómat, ya que las señales de todos los detectores se llevan a él, se podrían llevar directamente al robot pero en este caso se hace así para que el robot únicamente interactúe con el autómat y simplificar de esta forma la instalación.

Si la señal de entrada indica que la ventosa no está haciendo vacío se ajusta la salida digital 1 activándola (DO[1]=Encender), esta señal activa una alarma existente en el cuadro, y lo siguiente que se hace es detener el programa.

Si la ventosa sí que continúa haciendo vacío se entiende que la caja está bien posicionada y se prosigue la operación de carga.

Lo siguiente en este caso sería desactivar el vacío de la ventosa para que la caja se quede en su sitio, esto se hace mediante la electroválvula que controla la llegada o no de vacío a la ventosa, apagando la salida digital 0 (DO[0]=Apagar), luego se esperan 0,5 segundos para dar tiempo a que esto suceda.

A continuación se lleva el robot al punto llamado Salir_2, un punto relativo al punto de dejada, por encima de este, a partir del cual se pueda llevar el robot al punto Posicion A sin que golpee nada, desde este punto ya se puede iniciar la secuencia de recogida de la siguiente caja.

Cabe destacar que el asistente que palé que ofrece UR no es exactamente un bucle aunque se comporte de forma parecida, si fuera un bucle lo que haría tras terminar con la secuencia de dejada sería volver a repetirla con el siguiente punto de dejada y lo que hace en realidad es que una vez terminada la secuencia de dejada de la primera caja vuelve a la secuencia de recogida, en este caso con el punto de recogida segundo (el de la segunda caja) y así sucesivamente.

5. ANEXO IV: MANUAL DE INSTRUCCIONES

Este manual es provisional, se deben hacer las modificaciones finales una vez la célula robotizada esté montada y programada.

5.1. Normas de seguridad y salud

- El uso de la máquina está limitado a las condiciones para las que ha sido diseñada, en ningún caso debe utilizarse para otros fines.
- Se debe utilizar siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante.
- No cambiar los parámetros de seguridad del robot en ningún caso.
- No modificar elementos mecánicos que puedan afectar a la seguridad.
- No tocar los elementos móviles de los transportadores mientras estos se están moviendo.

5.2. Descripción de la máquina

La máquina sirve para paletizar cajas de forma flexible, es decir, de forma que el mosaico de colocación de las mismas se pueda variar de forma rápida, así como el tamaño o tamaños de las cajas a recoger.

El funcionamiento de la célula robotizada consiste en un brazo robótico con una herramienta en su muñeca formada por unas ventosas que mediante vacío son capaces de levantar el peso de las cajas y colocarlas sobre el palé.

Para detectar el momento en el que las ventosas han hecho vacío y por tanto tienen sujeta la caja se emplea un vacuostato (medidor de presión de vacío) de esta forma se pueden detectar posibles errores a la hora de coger la caja y parar la operación del robot para no causar daños, el sistema será lo suficientemente fiable como para que esto no suceda con frecuencia.

Las cajas llegan a la posición de recogida mediante un transportador con bolas motorizadas, esto es un transportador que al mismo tiempo que lleva la caja hacia adelante (en el sentido de avance de la banda) la empuja lateralmente por medio de unas bolas motorizadas, de esta forma se colocará la caja en el sentido de avance de la banda hasta llegar a un tope y en sentido transversal hasta una guía lateral.

El transportador de cajas cuenta con un detector capacitivo colocado en el tope para detectar cuando hay una caja en posición de recogida.

El robot es un brazo colaborativo de la marca UR Robots, en concreto el UR10, este robot puede soportar hasta 10 kg en la muñeca teniendo en cuenta el peso de la herramienta, por tanto es perfecto para levantar cajas de hasta 8 kg, su alcance máximo es de 1300 mm, suficiente para llegar a todos los puntos del palé siempre que este no supere los 700 mm de altura.

El brazo viene con su caja de control que incorpora una pantalla desde la que se programarán los diferentes programas de paletizado.

El brazo va acoplado a un pórtico de acero lacado mediante una brida que permite atornillarlo al mismo, al pórtico también irá acoplado el cuadro eléctrico y neumático desde el que saldrá un tubo de vacío que irá a la herramienta y el cable de corriente para la caja del controlador.

El transportador de palés es el lugar donde los operarios colocarán los palés vacíos para tener un pulmón de entrada, esto lo harán en un extremo, y en el otro extremo recogerán los palés ya cargados con las cajas, a la salida del transportador de palés podría colocarse una paletizadora que haga girar el palé para colocarle un plástico alrededor para así dejar completamente embalada la mercancía, pero eso no entra dentro del alcance de este proyecto.

Este transportador de palés no es más que un transportador de banda que en su punto intermedio cuenta con un detector capacitivo para parar el palé en el punto de trabajo, lugar en el que el robot irá colocando y apilando las cajas según el mosaico programado.

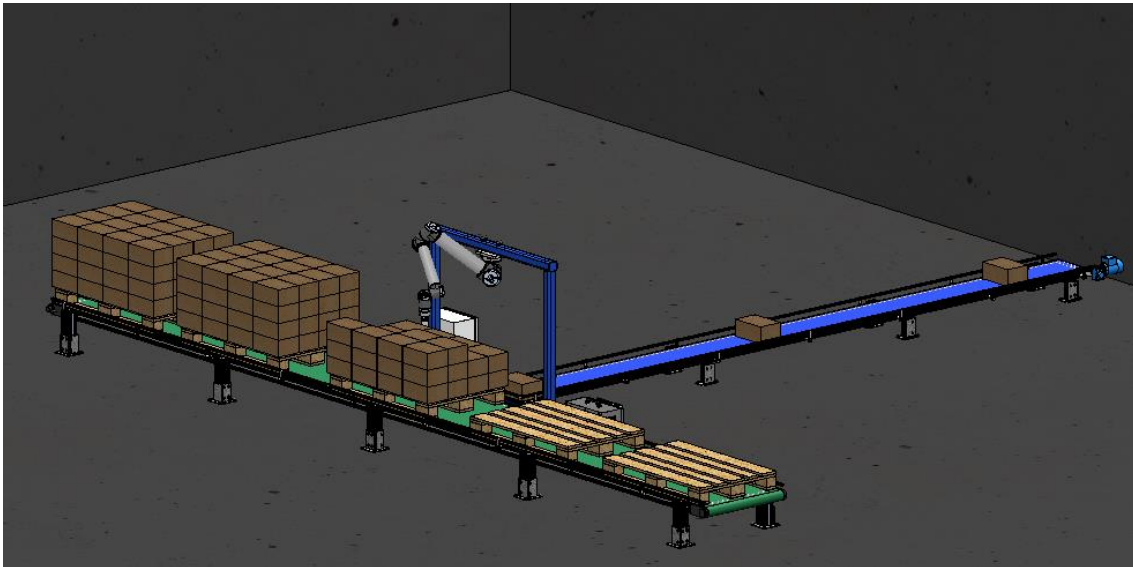


Ilustración 15: conjunto completo 1

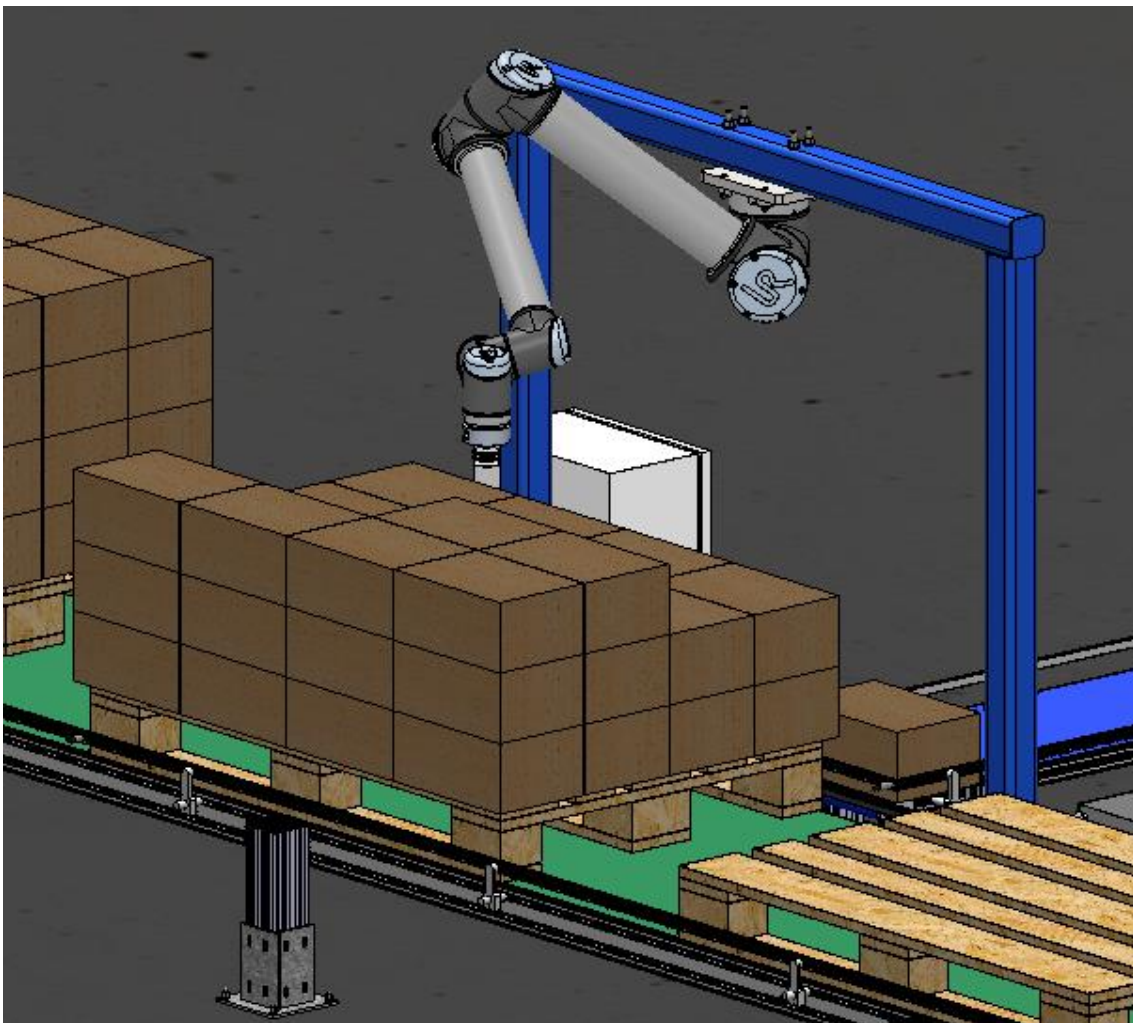


Ilustración 16: conjunto ampliado 1

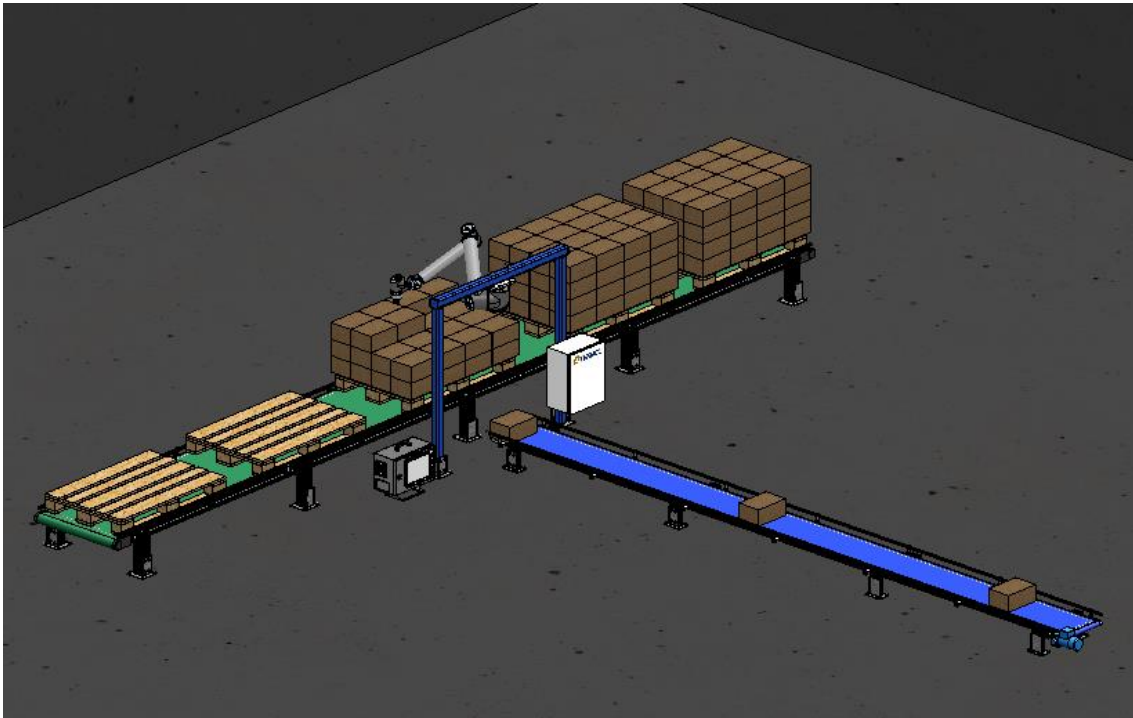


Ilustración 17: conjunto completo 2

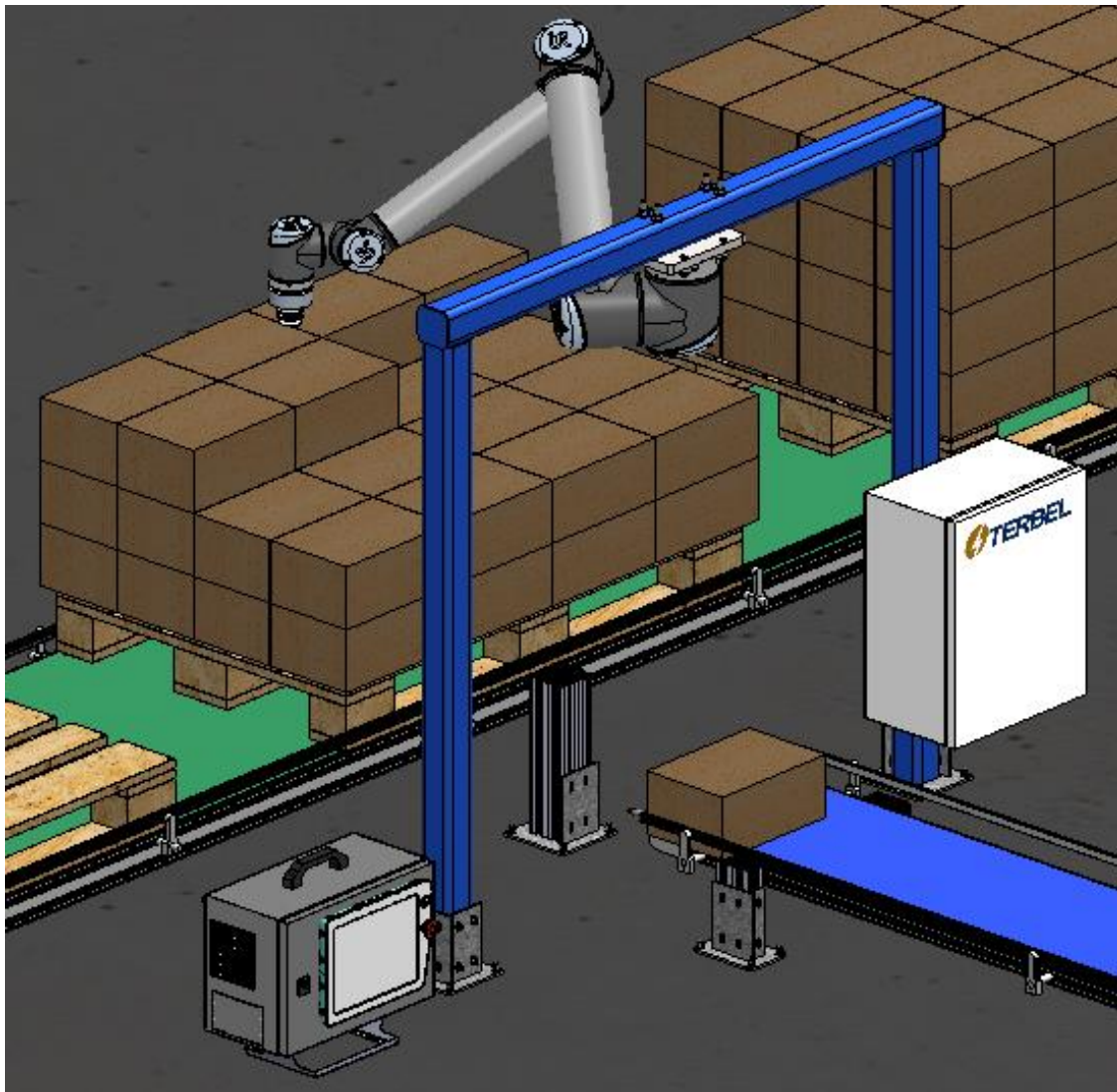


Ilustración 18: conjunto ampliado 2

5.3. Instrucciones de uso

5.3.1. Operaciones previas a la puesta en marcha

Comprobación en busca de elementos dañados o deteriorados en toda la célula, en especial en lo referente a seguridades del transportador de palés, comprobación de la parada del mismo tanto por detector de palé como por encoder.

Hacer una comprobación del brazo del robot en la que lo que se buscan son fugas de aceite en las juntas de las articulaciones.

Una vez realizada la comprobación lo siguiente es colocar los palés vacíos en la zona de carga de palés en el transportador de entrada y retirar los palés cargados que pudieran haberse dejado en el transportador.

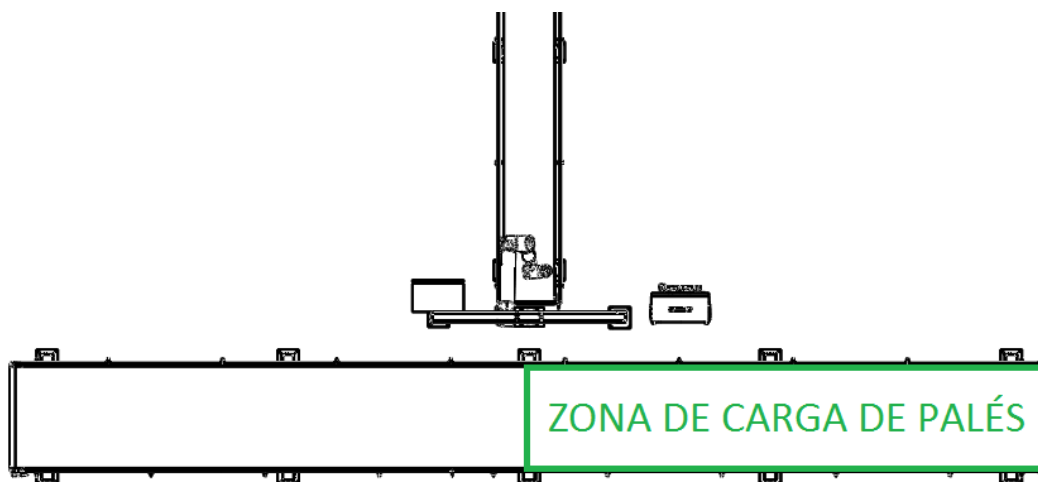


Ilustración 19: zona de carga de palés

5.3.2. Puesta en marcha

Lo primero es dar corriente a la máquina y pulsar el botón de marcha desde el cuadro.

A continuación se pulsa el botón de encendido del robot, este botón se encuentra en la pantalla del robot:

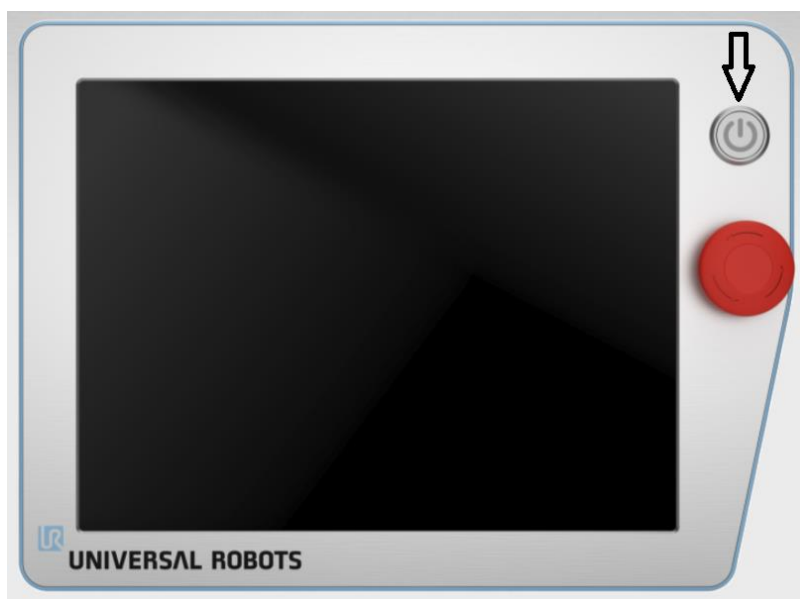


Ilustración 20: botón de encendido

Después de esperar a que el robot se encienda se selecciona la opción ejecutar programa y se elige el programa de paletizado con el que se va a trabajar:

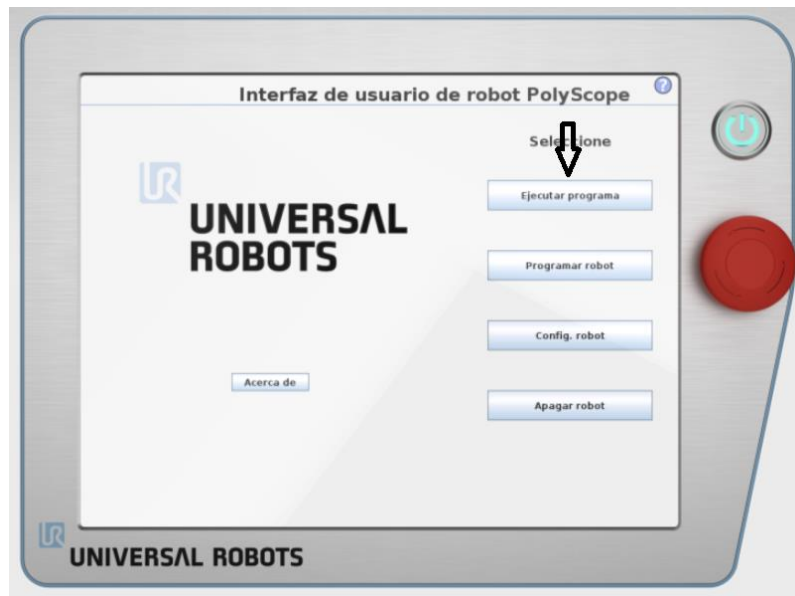


Ilustración 21: ejecutar programa

5.3.3. Funcionamiento en condiciones normales

Una vez puesto todo en marcha el robot irá cargando palés hasta que el primero llegue hasta el final del transportador de palés, en ese momento es necesario quitar ese palé para que el transportador pueda seguir avanzando hasta que el siguiente palé vacío se coloque en posición de carga.

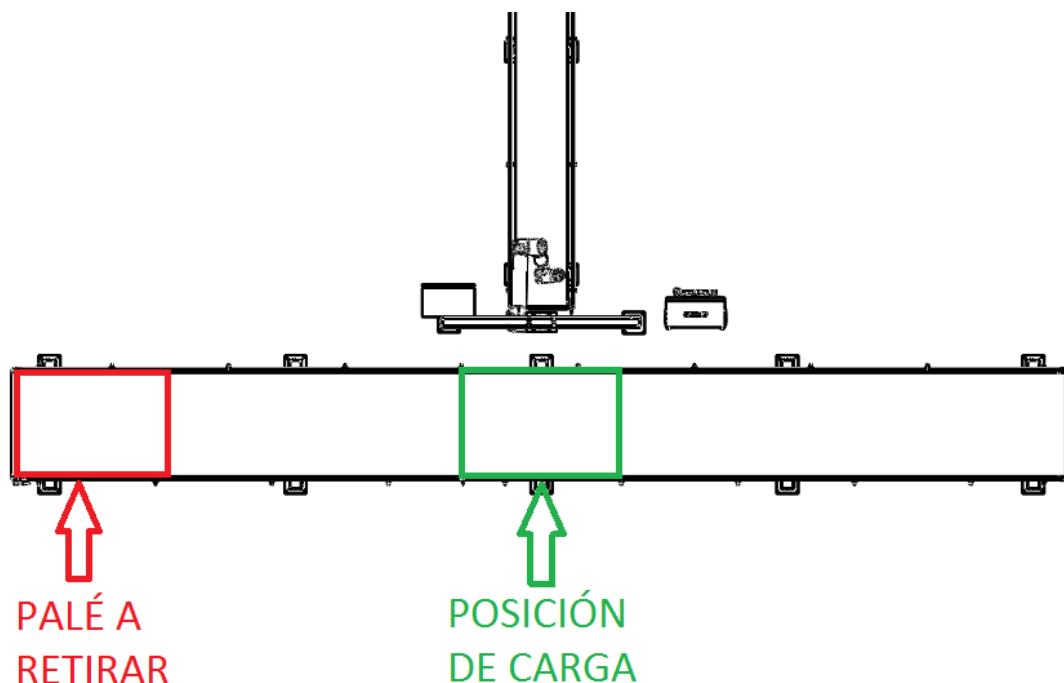


Ilustración 22: palé a retirar

Se irán colocando palés vacíos en la zona de carga según se vayan retirando los ya cargados, de esta forma la máquina ira trabajando en continuo.

5.3.4. Creación de un nuevo programa de paletizado

Para ello se empleará la plantilla de paletizado, lo primero es desde la pantalla del robot seleccionar la opción programar robot.

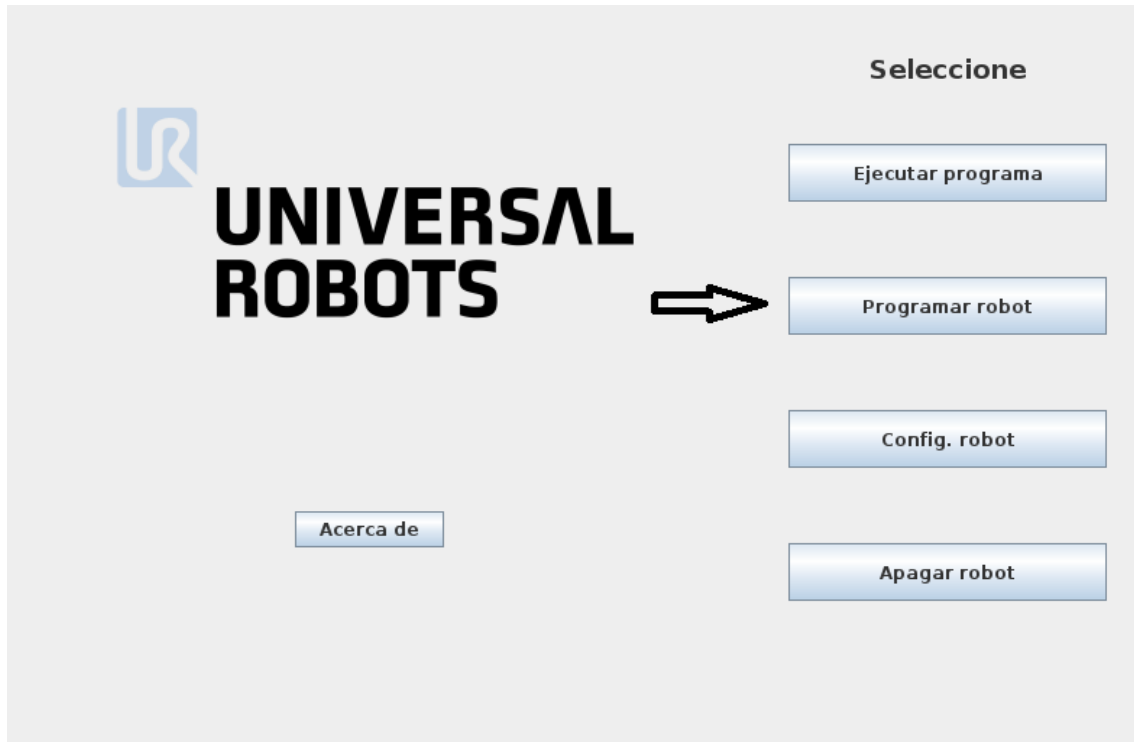


Ilustración 23: programar robot

Y a continuación cargar programa y elegir el programa plantilla paletizado.

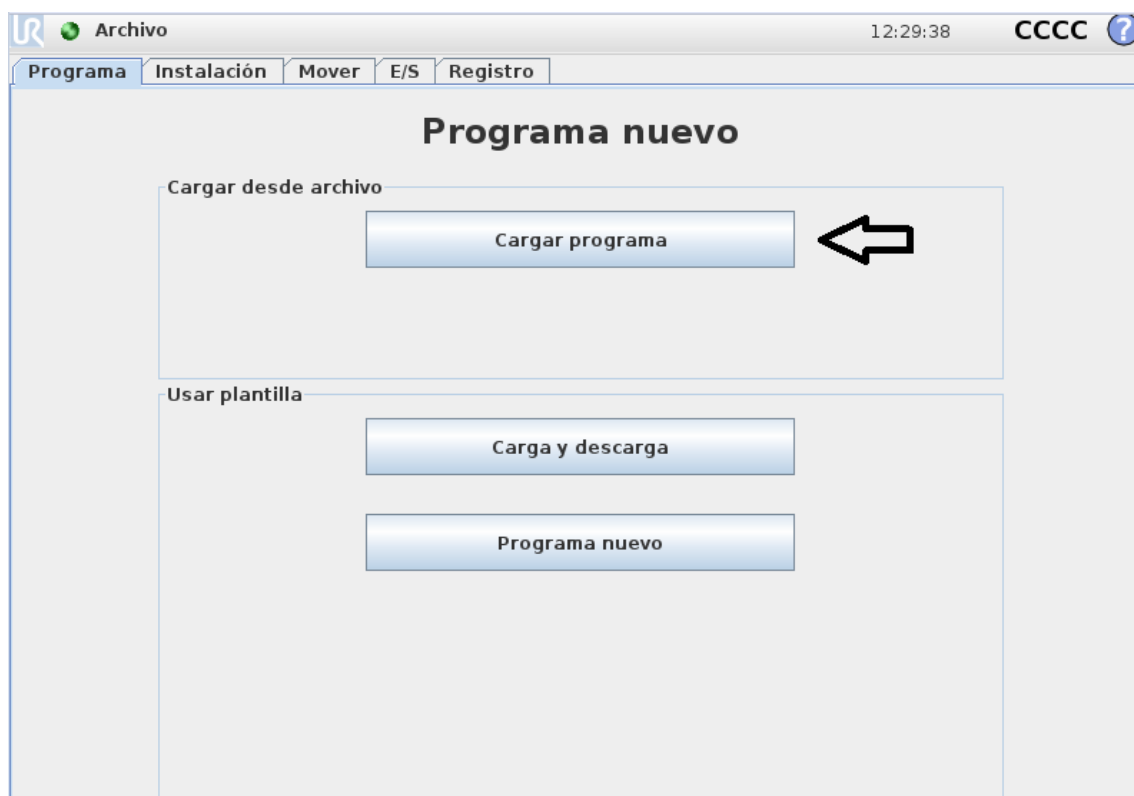


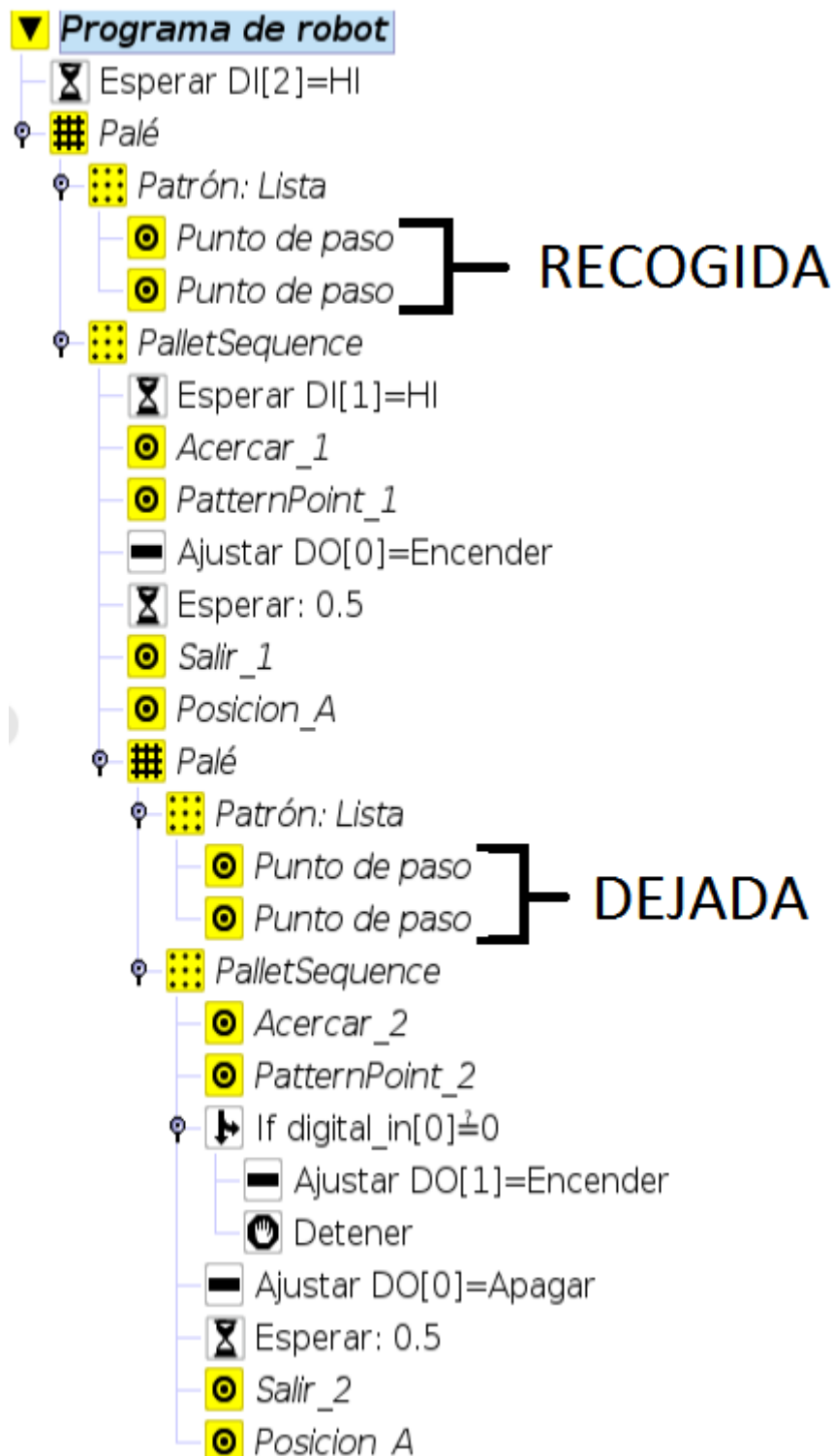
Ilustración 24: cargar programa

Una vez cargada la plantilla lo siguiente es añadir los puntos de paso necesarios tanto de recogida como de dejada (empleando la opción punto de paso en la pestaña estructura).



Ilustración 25: crear puntos de paso

Estos puntos de paso se colocan en el lugar de la secuencia de programa correspondiente.

**Ilustración 26: puntos a ajustar**

El programa plantilla es el que se ve en la imagen, está preprogramado para 2 cajas, por tanto habrá que añadir tantos puntos de recogida y de dejada como cajas se vayan a colocar en cada palé.

Aunque el punto de recogida sea el mismo para algunas o para todas las cajas se debe repetir en la secuencia de programa las veces que sea necesario, de forma que haya los mismos puntos de recogida que de dejada y estando estos ordenados.

Una vez puestos los puntos en la secuencia del programa se procede a ajustarlos, esto se hace seleccionando el punto de paso a ajustar y en la pestaña comando se pulsa la opción ajustar punto de paso.

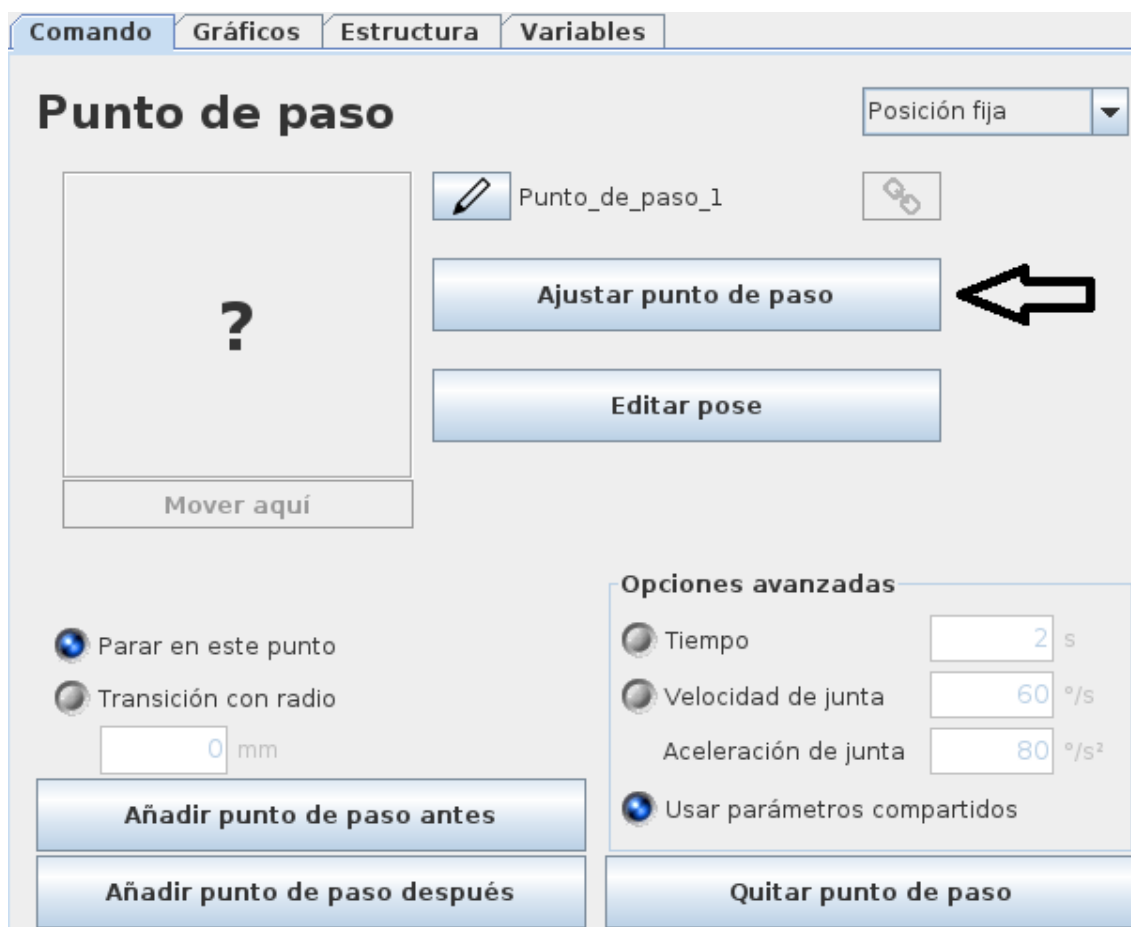


Ilustración 27: ajustar punto de paso

A continuación se abrirá la ventana que permite ajustar el punto, hay varias formas de hacer esto, mediante coordenadas, moviendo el robot desde la pantalla o moviendo el robot con la mano (para esto hay que mantener presionado el botón negro que se encuentra detrás de la pantalla, botón de movimiento libre).

En la siguiente imagen se ven las diferentes opciones mencionadas a la hora de ajustar el punto:

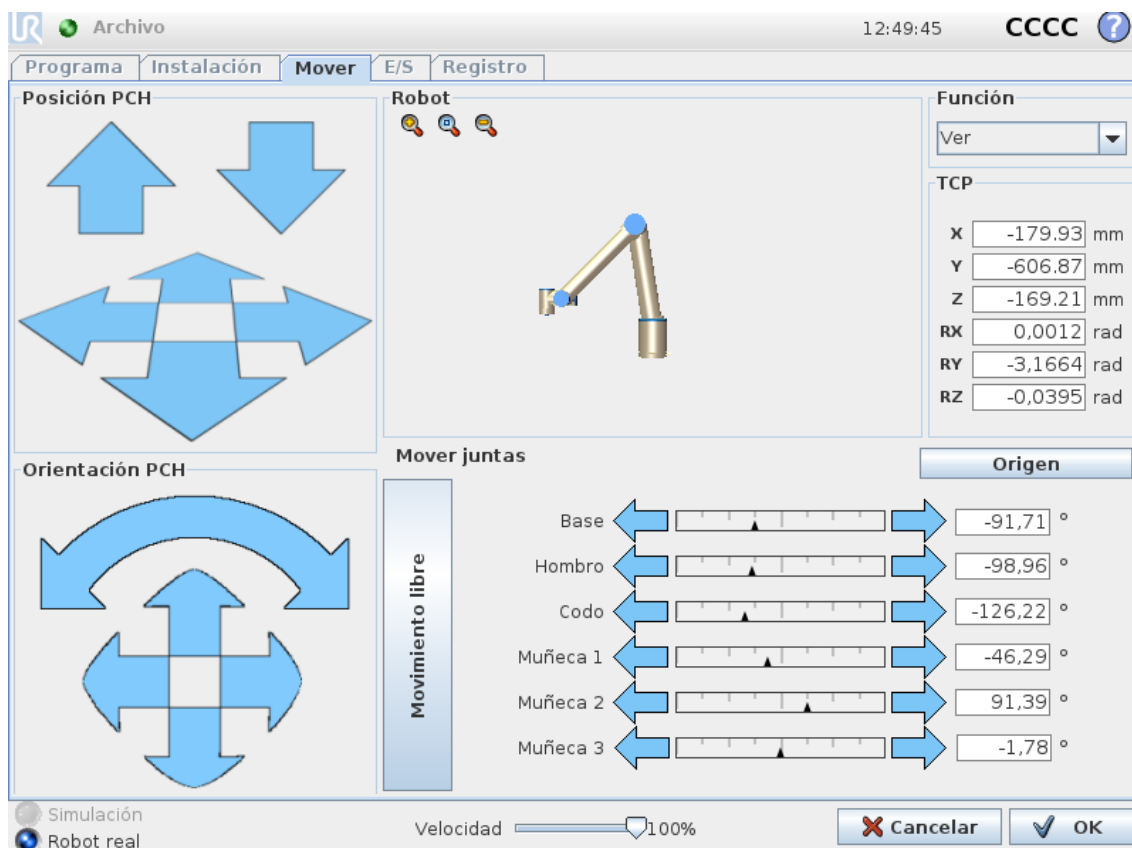


Ilustración 28: formas de ajustar punto

Una vez colocado el robot en la posición deseada se le da al botón OK, esquina inferior derecha de la pantalla, y ya estaría guardado el punto de paso.

Se pueden copiar los puntos de paso cuando ya están ajustados, de forma que si el punto de recogida es siempre el mismo no hay que ajustarlo más que una vez, esto se hace utilizando los comandos copiar y pegar de la pestaña estructura:

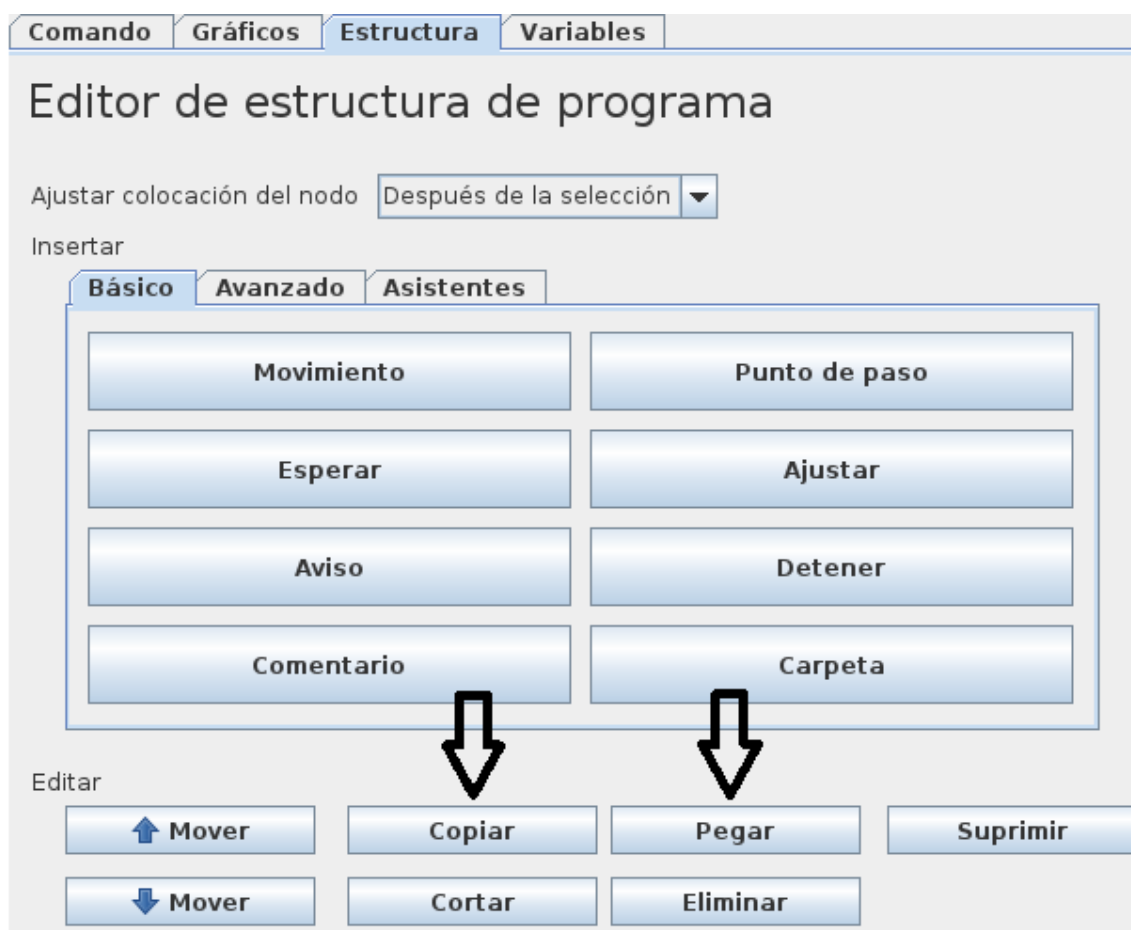


Ilustración 29: copiar y pegar

Una vez ajustados todos los puntos de paso guardar el programa seleccionando la opción de archivo guardar como y darle un nombre al programa para poder ejecutarlo de forma normal.

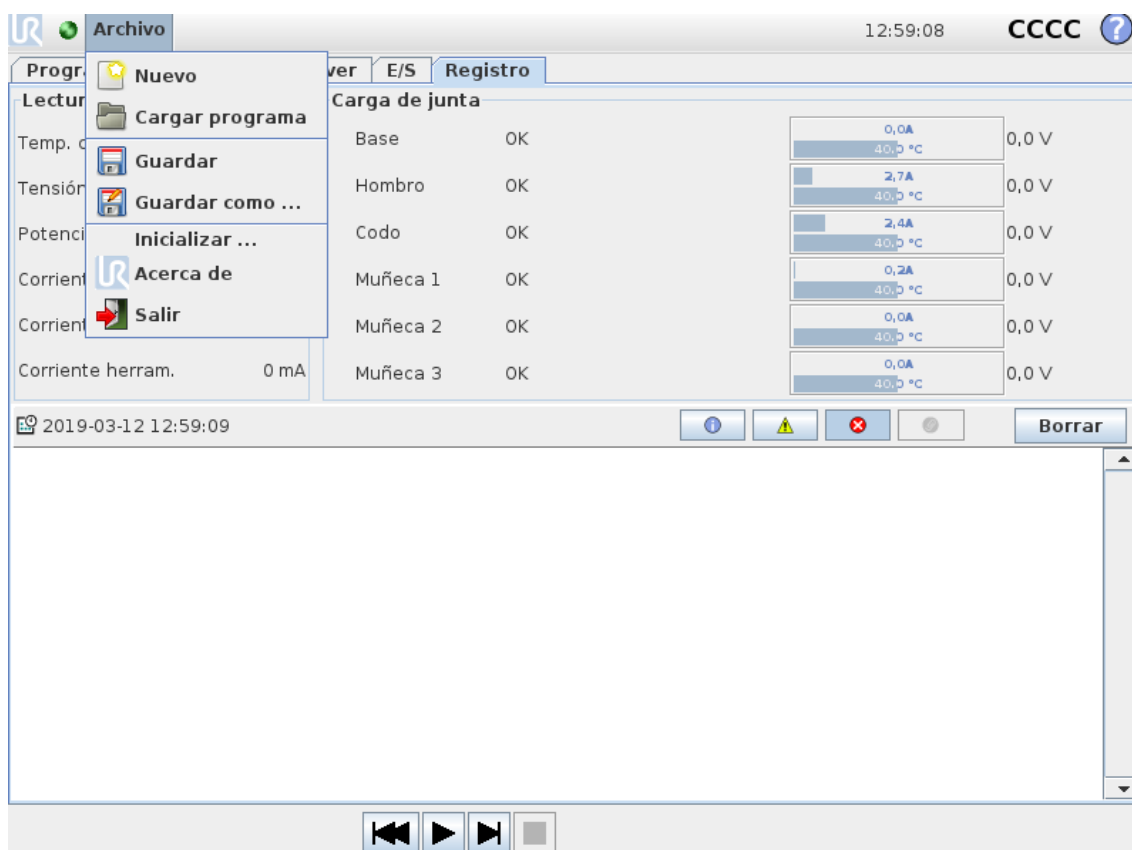


Ilustración 30: desplegable archivo

Una vez guardado el programa desde el mismo desplegable seleccionando la opción salir se vuelve al menú principal donde se puede ejecutar el programa.

5.3.5. Comprobar funcionamiento

Para comprobar que la máquina está funcionando con normalidad basta con ver que recoge bien las cajas y las deposita con normalidad en los puntos definidos y que el avance de las cajas y los palés se hace correctamente.

5.3.6. Actuación en caso de parada repentina

El brazo del robot se para cuando golpea algo o si, por el motivo que sea, tiene que hacer demasiada fuerza.

Si se produce una parada de este tipo lo que hay que hacer es encontrar el motivo por el que se ha parado, una vez corregido el problema que ha causado la parada y tomadas las medidas oportunas para que no vuelva a suceder se vuelve a poner en marcha el programa desde la pantalla del robot, ya que el programa se había quedado pausado.

5.3.7. Apagado de la máquina

Se ha creado un programa para la recogida del brazo, una vez que se haya terminado de usar si se ejecuta el programa de recogida o guardado del robot, lo que hará será colocarse en una posición en la que todas las partes del brazo estén en una posición predefinida en la que ocupe poco espacio.

Lo siguiente sería apagar el robot desde la pantalla, mediante el botón de apagado.

Para un apagado completo de la máquina quitar alimentación desde el cuadro general (previamente hay que haber apagado del robot y comprobado que ninguno de los demás elementos se esté moviendo).

5.4. Instrucciones de mantenimiento

El mantenimiento debe realizarse con la máquina completamente apagada.

5.4.1. Brazo del robot

Comprobación de que no haya fugas en las juntas de las articulaciones previa a la puesta en marcha en cada turno de trabajo.

5.4.2. Transportador de cajas

Limpieza y engrase de los elementos rodantes como mínimo cada 500 horas de uso.

Comprobar estado de las conexiones eléctricas y holguras, cada 1000 horas de uso.

Sustitución o reparación de elementos dañados o deteriorados cuando los hubiera, previa a la puesta en marcha.

5.4.3. Transportador de palés

Limpieza y engrase de los elementos rodantes como mínimo cada 500 horas de uso.

Comprobar estado de las conexiones eléctricas y holguras, cada 1000 horas de uso.

Ajuste y reglaje semanal de la banda transportadora.

Sustitución o reparación de elementos dañados o deteriorados cuando los hubiera, previa a la puesta en marcha.

Comprobación de la parada del mismo tanto por detector de palé como por encoder, previa a la puesta en marcha, al menos una vez al día, dejando registrado en qué momento y por quién ha sido realizada la comprobación.

5.5. Zonas de trabajo

A continuación se aprecian las diferentes zonas de trabajo de los operarios tanto para alimentar de palés a la máquina como para descargar los ya completos y la zona de programación del robot:

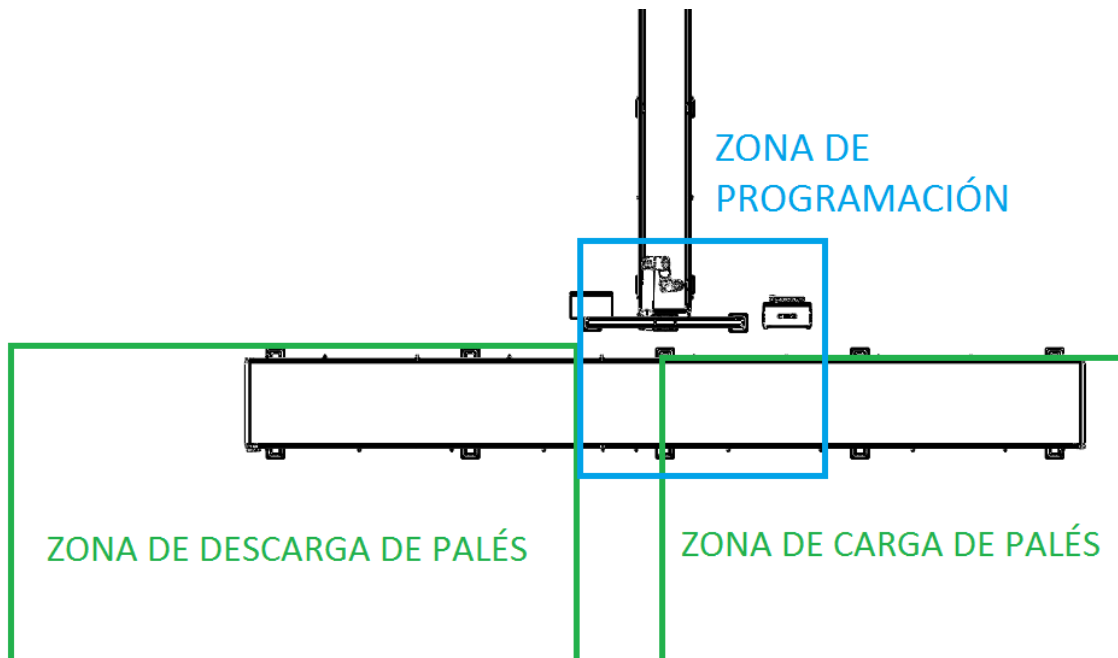


Ilustración 31: zonas de trabajo

5.6. Actuación en caso de accidente

En caso de accidente ponerse en contacto con el 112 y seguir sus indicaciones o realizar el procedimiento de primeros auxilios o asistencia de la propia empresa.

5.7. Actuación en caso de avería

Parar la máquina (mediante el cuadro) y ponerse en contacto con el servicio de mantenimiento.

6. ANEXO V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

6.1. Normas de seguridad y salud

- El uso de la máquina está limitado a las condiciones para las que ha sido diseñada, en ningún caso debe utilizarse para otros fines.
- Se debe utilizar siguiendo las instrucciones indicadas por el fabricante.
- No cambiar los parámetros de seguridad del robot en ningún caso.

- No modificar elementos mecánicos que puedan afectar a la seguridad.
- No tocar los elementos móviles de los transportadores mientras estos se están moviendo.

6.2. Riesgos evitables y medidas correctoras

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	Probabilidad de que suceda			Protección aplicada		Consecuencias del accidente		
	R	P	C	PC	PI	L	G	M
Pérdida de estabilidad de la máquina.	X			X				X
Riesgos durante el reglaje y mantenimiento.	X			X		X		
Caída del palé cargado al final del transportador.		X		X				X
Caída de cajas al avanzar el palé.	X			X		X		
Daños causados por elementos móviles del robot.	X			X				X

Tabla 1: riesgos evitables

Probabilidad de que suceda:

- R ☐ Remota.
- P ☐ Posible.
- C ☐ Cierta.

Protección aplicada:

- PC ☐ Protección colectiva.
- PI ☐ Protección individual.

Consecuencias del accidente:

- L ☐ Leves.
- G ☐ Graves.
- M ☐ Muy graves.

6.2.1. Medidas de protección adoptadas

6.2.1.1. Pérdida de estabilidad de la máquina

Puede suceder que el pórtico, debido al uso y a los continuos movimientos del robot si no está bien anclado al suelo se termine cayendo.

Para evitar esto y con ello todos los daños que pudiera provocar a personas y equipos se realiza una comprobación previa a la puesta en marcha que consiste en comprobar la estabilidad del mismo de forma manual.

6.2.1.2. Riesgos durante el reglaje y mantenimiento

La máquina no debe estar funcionando en el momento de regularla o de realizar el mantenimiento para evitar riesgos para la salud de las personas que realizan el mantenimiento o reglaje.

6.2.1.3. Caída del palé cargado al final del transportador

Para la parada del palé antes de que llegue al final del transportador se emplea un detector capacitivo que al ver el palé se para, solo con él existe el riesgo de que si por el motivo que sea se estropea el palé se caiga.

Para evitar esto se ha introducido una doble seguridad que consiste en que el encoder que mide el avance del transportador lo hace parar si avanza una distancia determinada desde el punto de carga sin que el detector final haya visto.

Estos 2 elementos de parada deben revisarse antes de cada puesta en marcha y como mínimo una vez al día, quedando documentado cuándo y quién lo ha comprobado.

6.2.1.4. Caída de cajas al avanzar el palé

Si las aceleraciones y frenadas del transportador son muy bruscas es posible que alguna de las cajas se mueva y se caiga, para evitar esto se limitará tanto la velocidad como la aceleración del palé.

6.2.1.5. Daños causados por elementos móviles del robot

El robot al desplazarse puede golpear a personas y equipos, ya que no existe ningún vallado que impida el acceso, además también podría si está mal programado golpear un palé lleno de cajas y tirarlo provocando daños.

Para evitar esto se han limitado los parámetros de fuerza y velocidad del robot desde las opciones de seguridad del mismo y se han protegido estas opciones con una contraseña para que no puedan ser modificadas por los operarios.

Para ello se han tenido en cuenta los siguientes valores que indica la normativa:

Modelo corporal – Valores límites ISO/TS 15066

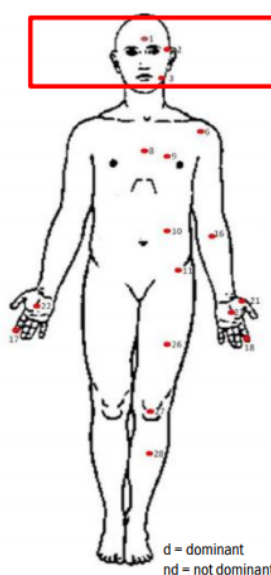
Región corporal	Localización corporal		Contacto cuasi estático		Contacto transiente
	Specific body area		Valor máximo permisible		Factor (P _t) para los valores máximos permisibles
			Presión [N/cm ²]	Fuerza [N]	
 d = dominant nd = not dominant	Cabeza	1	Mitad de la frente	130	NO PERMITIDO
		2	Sien	110	
	Rostro	3	Musculo mastoideo	110	
	Cuello	4	Musculo del cuello	140	x2
		5	7ª vertebra del cuello	210	
	Esalda y hombros	6	Hombro	160	
		7	5ª vertebra lumbar	210	
	Pecho	8	Esternón	120	
		9	Musculo pectoral	170	
	Abdomen	10	Musculo abdominal	140	
	Cadera	11	Hueso pélvico (cadera)	210	
		12	Musculo deltoides	190	
	Brazo / Codo	13	Humero	220	
		14	Radio	190	
	Antebrazo / Articulación mano	15	Musculo del antebrazo	180	
	Brazo / Codo	16	Nervio del brazo	180	
		17	Yema de dedo d	300	
		18	Yema de dedo nd	270	
	Mano y dedos	19	Articulación distal d	280	
		20	Articulación distal nd	220	
		21	Pulgar	200	
		22	Palma de la mano d	260	
		23	Palma de la mano nd	190	
		24	Reverso de la mano d	200	
		25	Reverso de la mano nd	190	
	Muslo / Rodilla	26	Musculos del muslo	250	220
		27	Rótula	220	
	Pierna	28	Espinilla	220	
		29	Musculo gemelo	210	

Tabla 2: tabla valores límite de fuerza y presión

La fuerza por tanto se ha limitado a 65 N y con ella y teniendo en cuenta la forma de la herramienta se sabe que no se superarán nunca los valores de presión máximos para las diferentes partes del cuerpo.

La velocidad se ha limitado a 250 mm/s siguiendo la misma normativa.

6.3. Riesgos no evitables y medidas preventivas

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	Probabilidad de que suceda			Prevención aplicada			Consecuencias del accidente			Calificación del riesgo con la prevención decidida				
	R	P	C	P C	PI	P	L	G	M	T R	T O	M	I M	IN
Daños causados por elementos móviles de los transportadores.	X					X	X				X			

Probabilidad de que suceda:

- R ☐ Remota.
- P ☐ Posible.
- C ☐ Cierta.

Prevención aplicada:

- PC ☐ Protección colectiva.
- PI ☐ Protección individual.
- P ☐ Prevención.

Consecuencias del accidente:

- L ☐ Leves.
- G ☐ Graves.
- M ☐ Muy graves.

Calificación del riesgo con la prevención decidida:

- TR ☐ Riesgo trivial.
- TO ☐ Riesgo tolerable.
- M ☐ Riesgo moderado.
- IM ☐ Riesgo importante.
- IN ☐ Riesgo intolerable.

6.3.1. Medidas preventivas

6.3.1.1. Daños causados por elementos móviles de los transportadores

El movimiento del brazo del robot no va a ser un problema, ya que no se mueve a una velocidad excesiva y en caso de contacto con algo se detiene.

Las partes móviles de los transportadores se mueven a una velocidad muy reducida, por tanto el riesgo se considera tolerable únicamente informando a los operarios de que no deben tocar los transportadores mientras estos se están moviendo, como se indica en el manual de instrucciones de la célula robotizada.

6.4. Actuaciones en caso de emergencia

En caso de accidente ponerse en contacto con el 112 y seguir sus indicaciones o realizar el procedimiento de primeros auxilios o asistencia de la propia empresa.

7. ANEXO VI: MARCADO CE

El marcado CE es el proceso mediante el cual el fabricante o instalador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales.

En este caso el instalador debe aportar la siguiente documentación al cliente o usuario:

- Manual de instrucciones: redactado en el anexo IV de este proyecto, en este caso el instalador deberá modificar el manual si se produce alguna modificación con respecto a lo proyectado. Además del manual original puede ser necesario traducir el mismo si el idioma oficial del país del usuario no es el castellano, en tal caso se entregarán tanto el manual original como el traducido al idioma correspondiente.
- Declaración CE de conformidad: el fabricante debe rellenar los siguientes campos:

DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD						
FABRICANTE	Razón social					
	Dirección					
AUTOR EXPEDIENTE TÉCNICO	Nombre					
	Dirección					
IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA	Denominación genérica		Célula robotizada para paletizado flexible			
	Función	Colocar cajas sobre un palé de forma automatizada, teniendo un pulmón de entrada de palés vacíos y uno de salida de palés cargados que alimente y descargue automáticamente al terminar cada palé.				
	Modelo	1111.0	Tipo	1111.0	Número de serie	
	Denominación comercial		Robot paletizador colaborativo			
La máquina cumple con todas las disposiciones aplicables de la Directiva 2006/42/CE del parlamento europeo y del consejo del 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE.						
Firmado:						
En	a	de	de 20			

Tabla 3: declaración CE de conformidad

- Placa de características: debe colocarse en un sitio visible de la máquina, rellenar con los datos del fabricante y de la máquina:


	LOGOTIPO DEL FABRICANTE (opcional)
RAZÓN SOCIAL.	
Dirección	
TELÉFONO	
CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	
MODELO: 1111.0	
NÚMERO DE SERIE:	
AÑO DE FABRICACIÓN:	

Ilustración 32: marcado CE

Además el instalador debe confeccionar el expediente técnico de forma que pueda disponer de él en un plazo de tiempo razonable en los 10 años siguientes a la puesta en marcha de la máquina.

El expediente técnico debe contener los siguientes apartados:

- Declaración CE de conformidad: la misma que se entrega al usuario.
- Estudios y ensayos realizados sobre la máquina: en este caso es necesario documentar qué pruebas de funcionamiento se han realizado sobre la máquina antes de la puesta en marcha, debe comprobarse el sistema de paro del transportador de palés (primero se pone a funcionar normal y se comprueba que para en el punto de parada establecido en el encoder y luego se coloca el detector antes de ese punto para simular un fallo del encoder y comprobar que para en donde está colocado el detector, ambas formas de paro deben funcionar correctamente y en el caso del paro por detector la célula completa debe pararse y mostrar una alerta por pantalla que indique que el sistema de paro del transportador de palés está estropeado), comprobación de seguridades del robot (poner el robot a funcionar y comprobar que al pulsar la seta de emergencia la desaceleración no provoca que la caja salga despedida y que el robot para en condiciones de seguridad, esta prueba se debe realizar cuando el robot vaya a la máxima velocidad que le permite su configuración de seguridad, 250 mm/s).
- Manual de instrucciones: el mismo que se entrega al usuario.
- Estudio de seguridad y salud: redactado en el anexo V de este proyecto, en este caso el instalador deberá modificar el estudio si se produce alguna modificación que afecte a la seguridad respecto a lo proyectado.
- Documento planos: una vez fabricada la célula, el director del proyecto entregará al fabricante el documento Planos “as built” indicando los planos que han sido modificados y planos de detalle estimados.

- Esquemas eléctricos: el fabricante presentará junto con este proyecto, el proyecto del cuadro eléctrico y neumático de la máquina con los planos “as built”.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

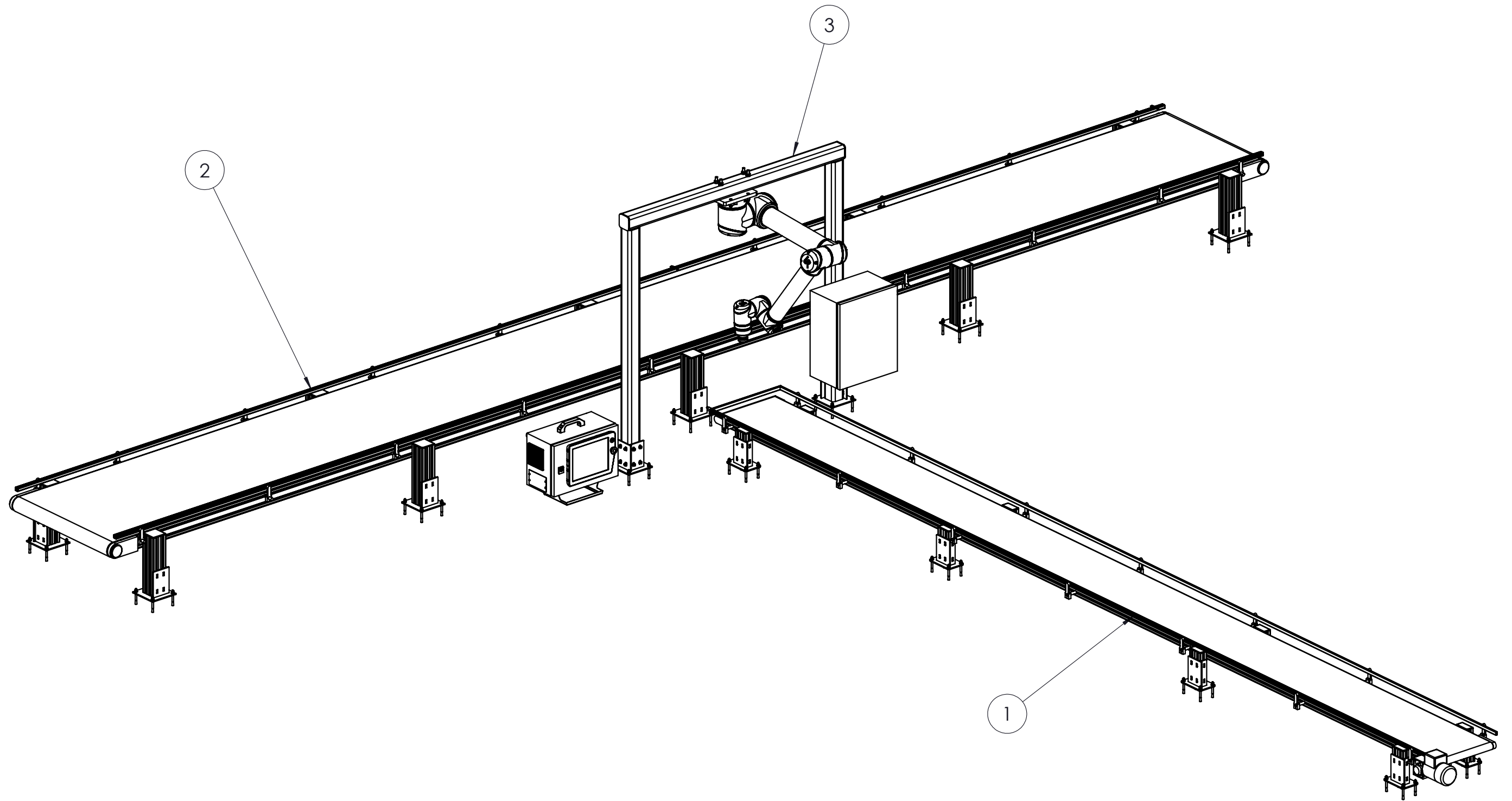
Célula robotizada para paletizado flexible.

Planos



Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	07/03/2019
Fecha de actualización	21/07/2019

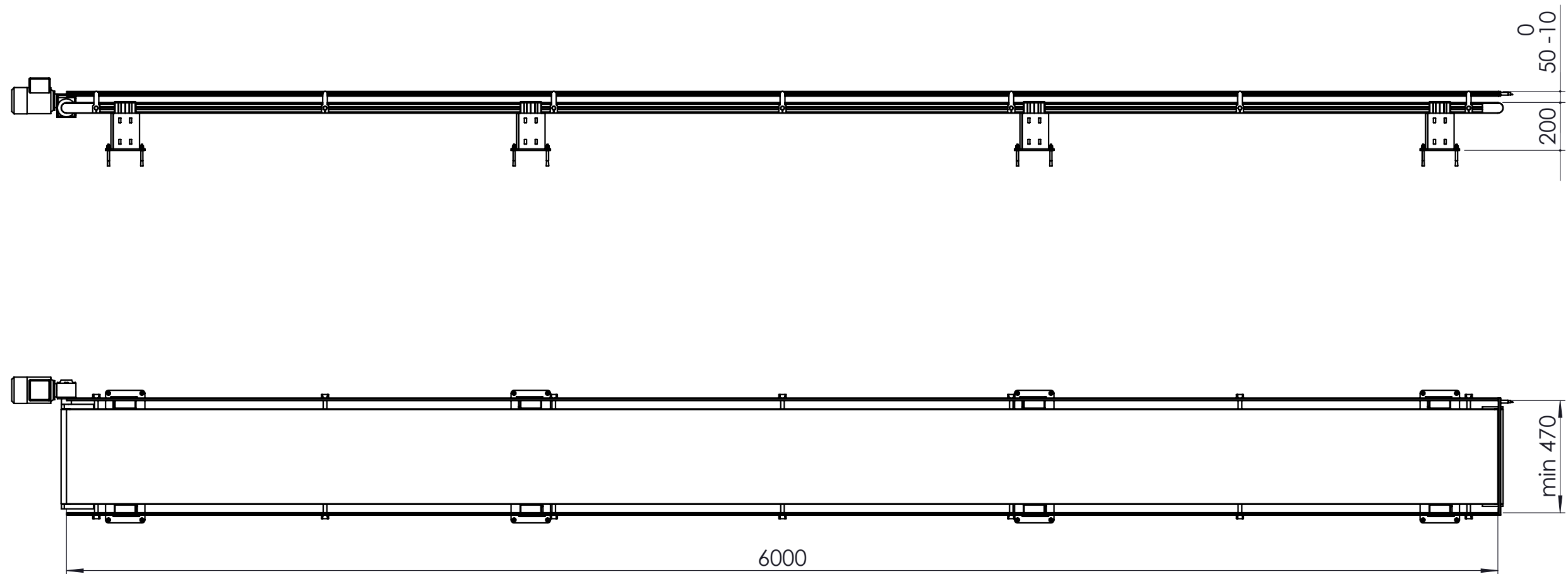
ÍNDICE PLANOS



Plano N° 1: Célula robotizada
Plano N° 2: Transportador de cajas
Plano N° 3: Transportador de palés
Plano N° 4: Pórtico
Plano N° 5: Estructura soporte
Plano N° 6: Estructura soporte
Plano N° 7: Perfil
Plano N° 8: Perfil
Plano N° 9: Tapa
Plano N° 10: Brida pórtico
Plano N° 11: Herramienta
Plano N° 12: Brida herramienta

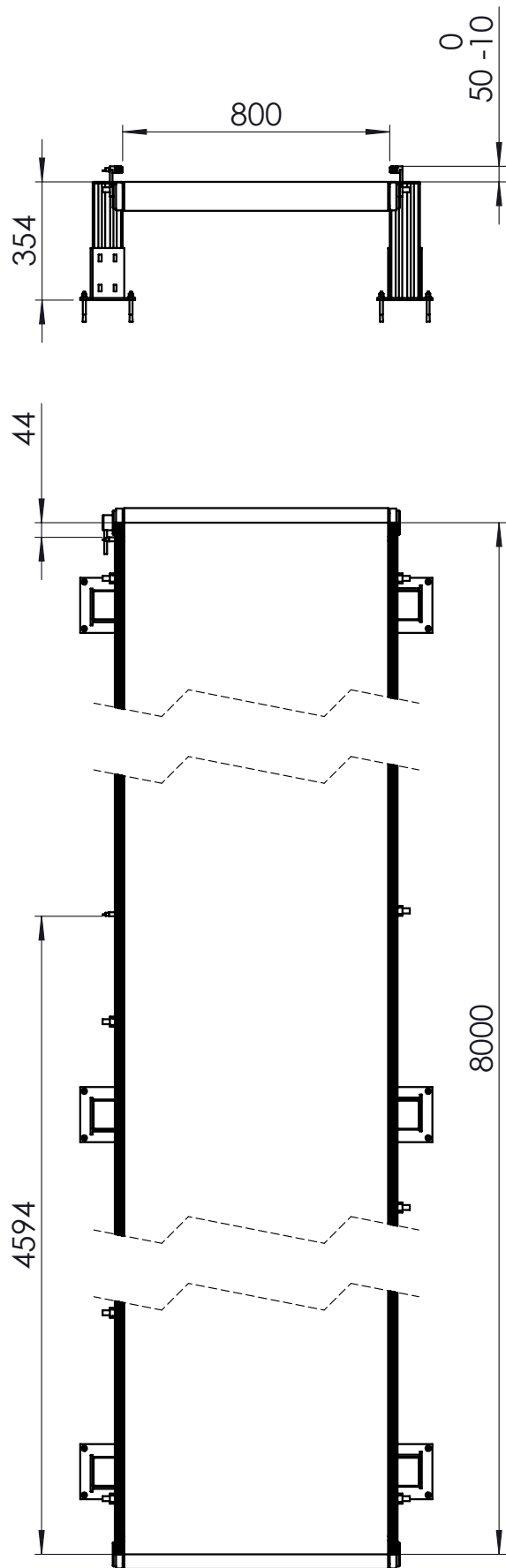




Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	PLANO Nº
1	Transportador de cajas	Montajes Eléctricos Terbel	0000000005	1	2
2	Transportador palés	Montajes Eléctricos Terbel	0000000006	1	3
3	Pórtico		0000000000	1	4

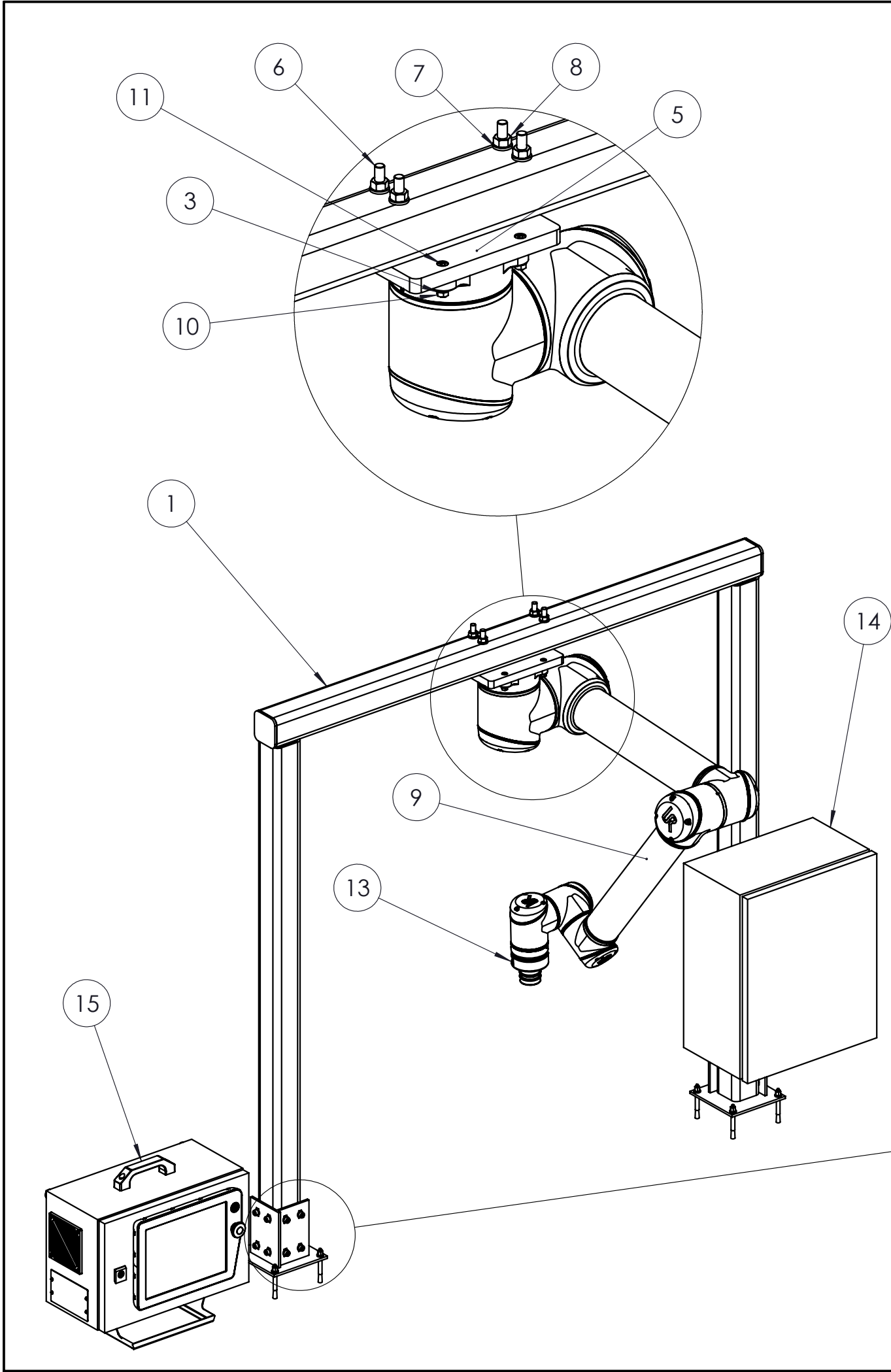
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: CÉLULA ROBOTIZADA	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000007	Escala:
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE		Plano Nº: 1	Proyección: 



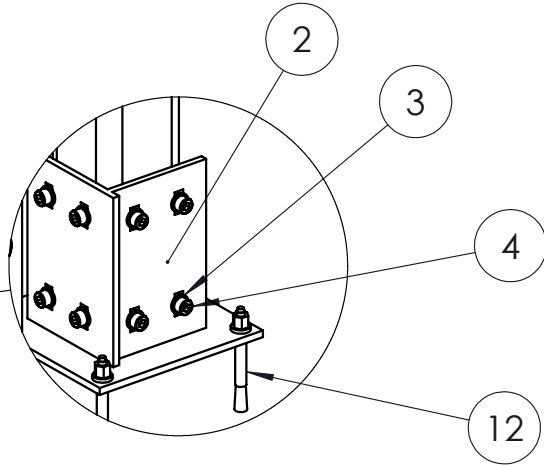
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: TRANSPORTADOR DE CAJAS	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000005	Escala:
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 2	Proyección: 



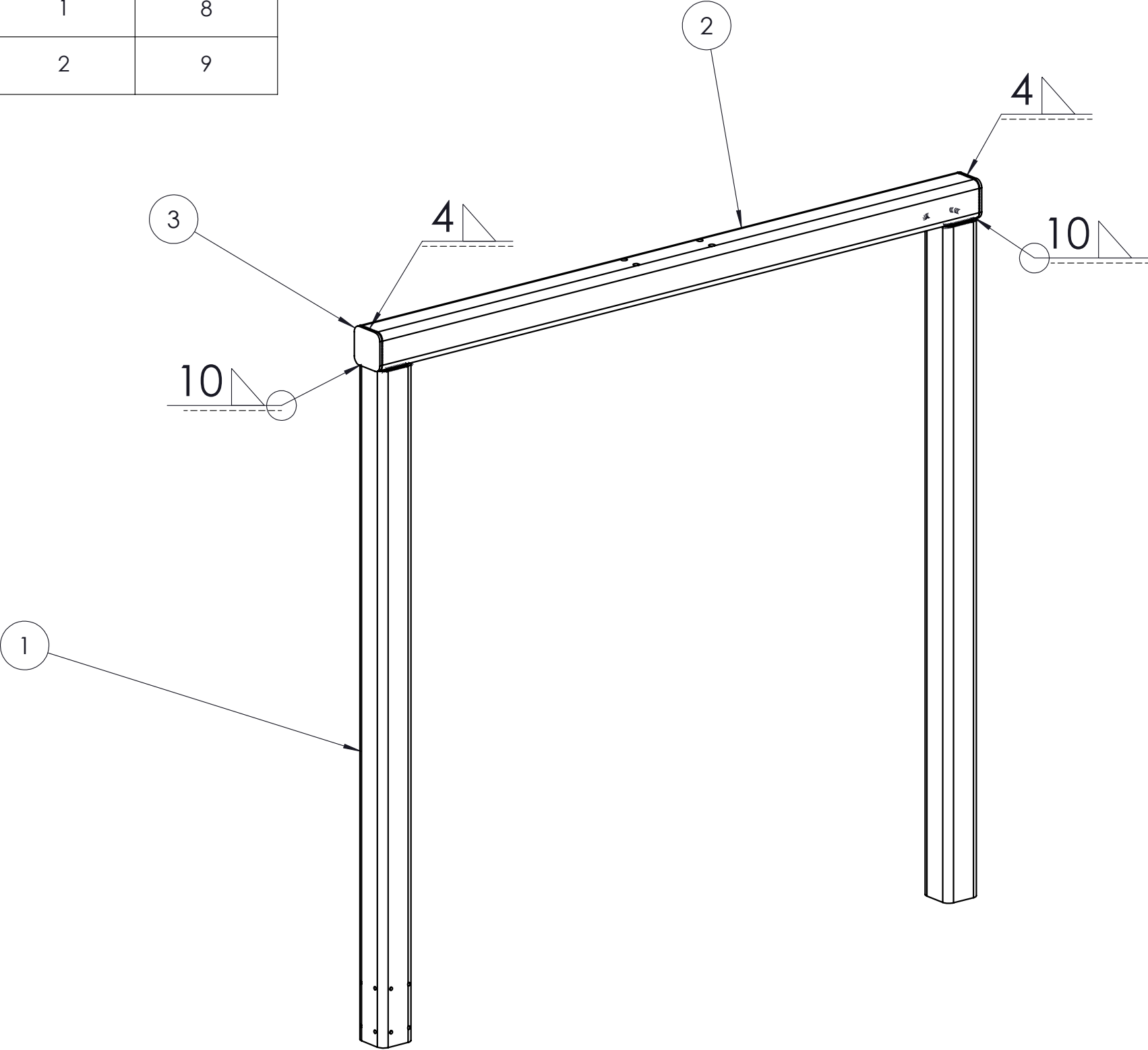
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: TRANSPORTADOR PALÉS	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000006	Escala: 1:20
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 3	Proyección: 



Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	PLANO Nº
1	Estructura soporte	Montajes Eléctricos Terbel	0000000038	1	5 y 6
2	Placa base 90x90	Bosch Rexroth 3 842 536 746	0000000009	2	
3	Arandela M8	Acero A 8,4 DIN 125	0000000017	20	
4	Tornillo M8x20	Acero M8x20 DIN 912	0000000018	16	
5	Brida pórtico	Acero S185	0000000019	1	10
6	Tornillo M12x120	Acero DIN 912 M12x120	0000000020	4	
7	Arandela M12	Acero A 13 DIN 125	0000000021	4	
8	Tuerca M12	Acero M12 DIN 934	0000000022	4	
9	Robot UR10	UR Robots UR10	0000000004	1	
10	Tuerca M8	Acero M8 DIN 934	0000000023	4	
11	Tornillo M8x35	Acero M8x35 DIN 912	0000000024	4	
12	Taco de piso	Bosch Rexroth 3 842 526 561	0000000026	8	
13	Herramienta	Montajes Eléctricos Terbel	0000000031	1	11
14	Cuadro eléctrico y neumático	Montajes Eléctricos Terbel	0000000032	1	
15	Caja del controlador	UR Robots CB2	0000000037	1	

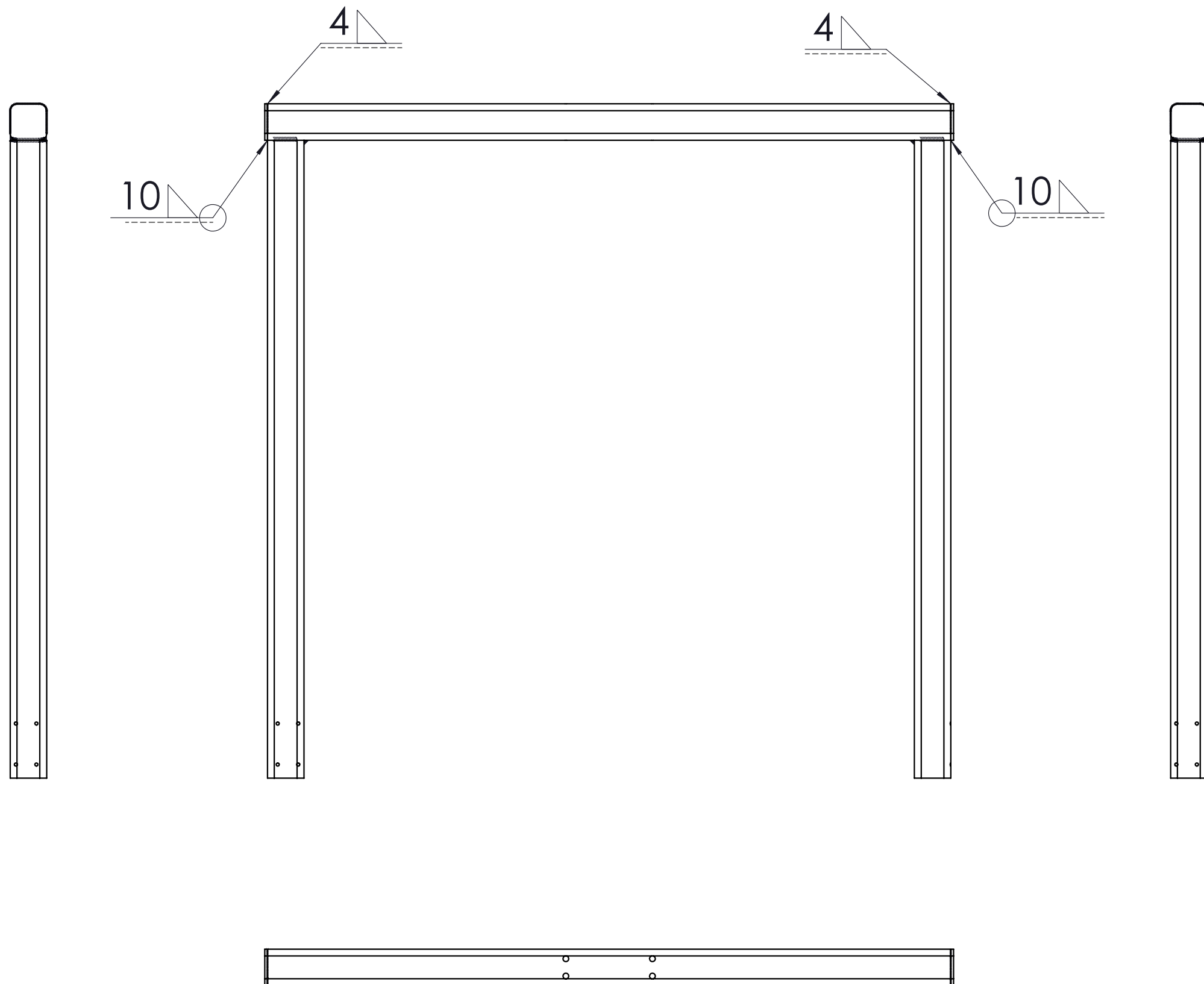


Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	PLANO Nº
1	Perfil	Acero S185 lacado Perfil cuadrado 80.6	0000000001	2	7
2	Perfil	Acero S185 lacado Perfil cuadrado 80.6	0000000002	1	8
3	Tapa	Acero S185 lacado	0000000003	2	9





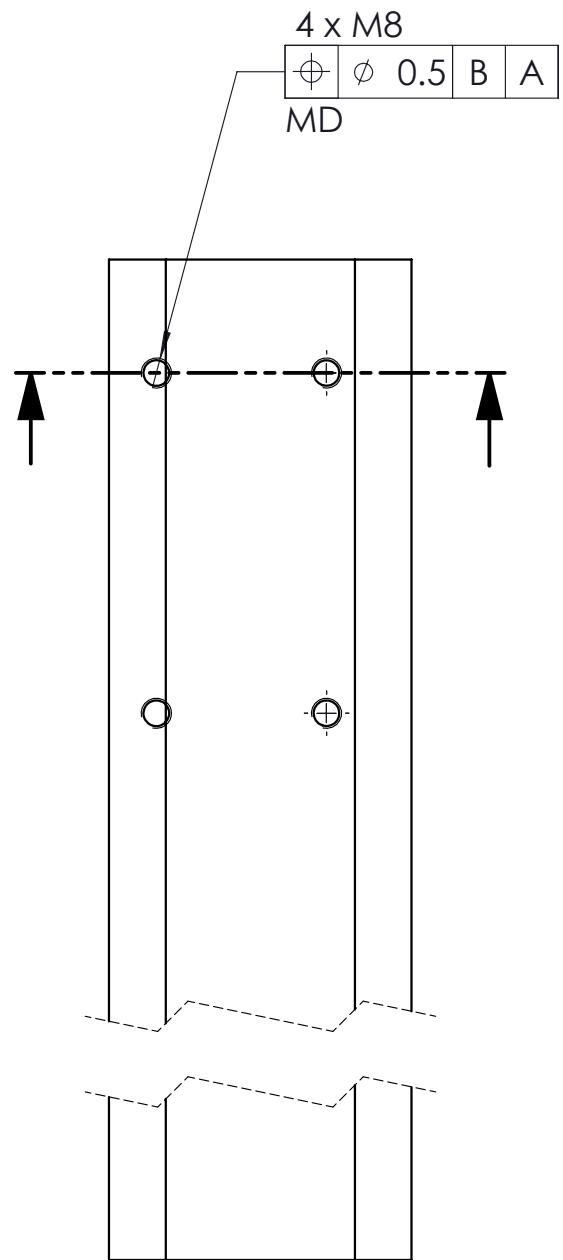
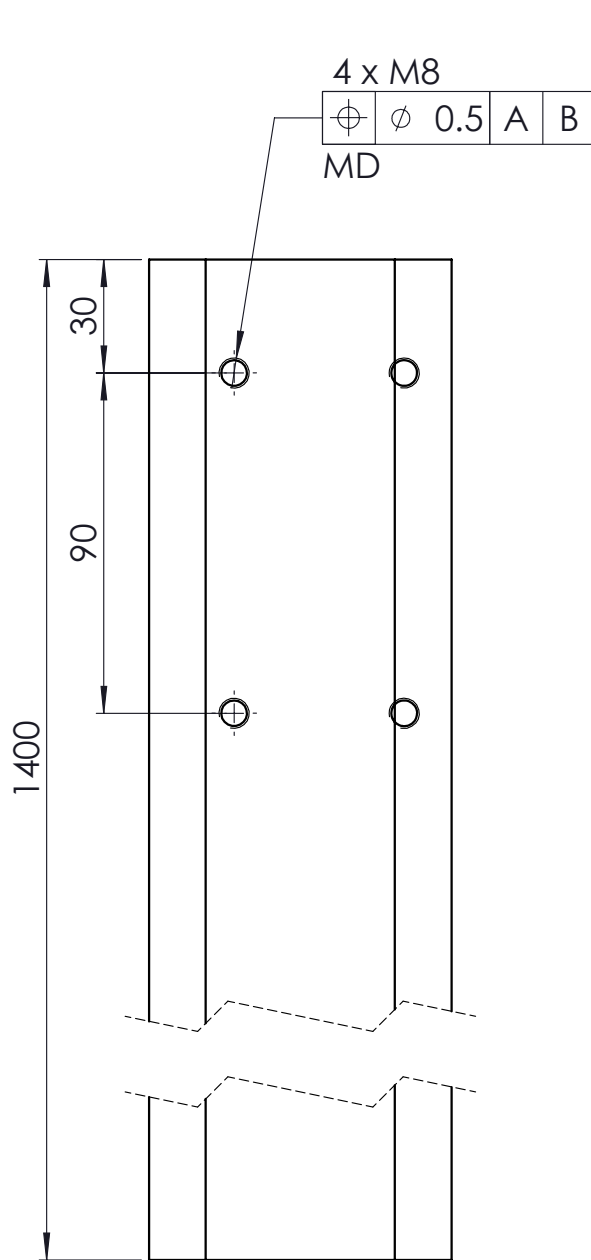
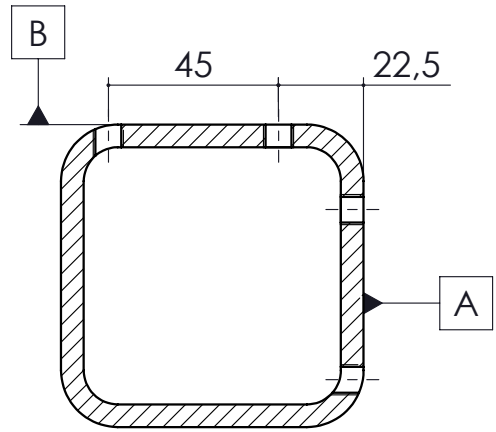
ALTURA DE SOLDADURA	SÍMBOLO	LONGITUD DE SOLDADURA	CANTIDAD
10		289.55	2
4		197.12	2

	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: ESTRUCTURA SOPORTE	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000038	Escala:
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano Nº: 5	Proyección:

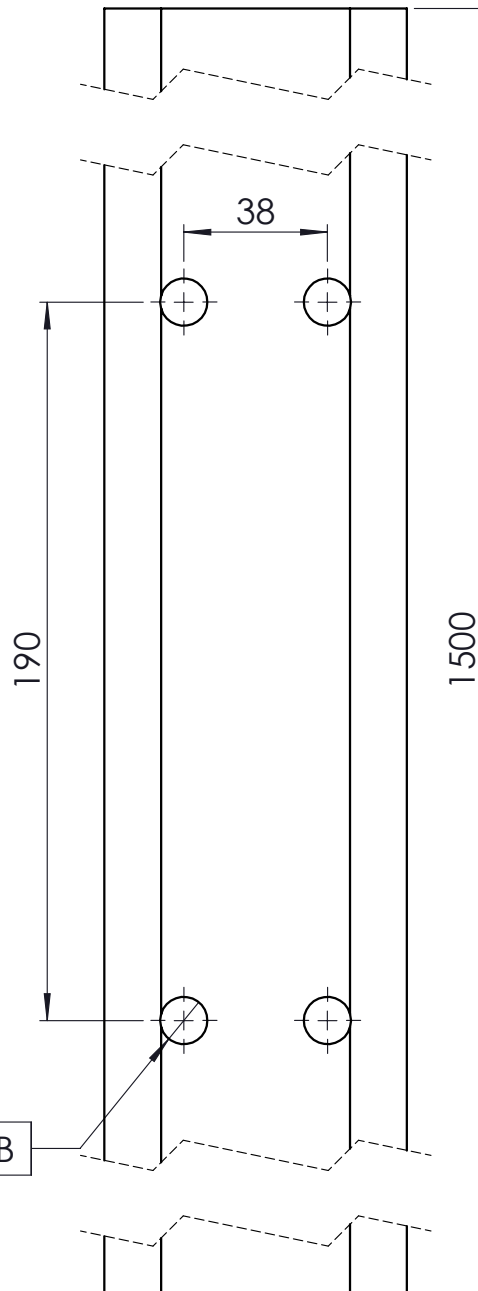
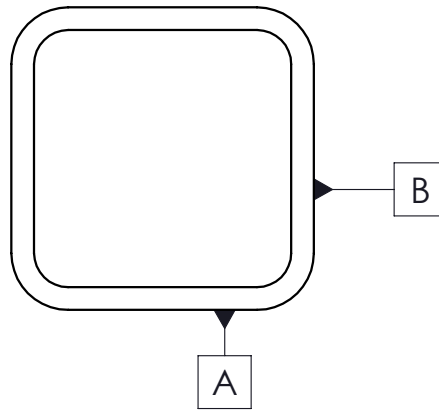


LAS COTAS INDICAN LA ALTURA DE LA SOLDADURA

	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: ESTRUCTURA SOPORTE	Dibujado según norma: U.N.E. T.G. UNE-ENE 22768 m K	Referencia: 0000000038	Escala: 1:10
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE		Plano N°: 6	Proyección: 



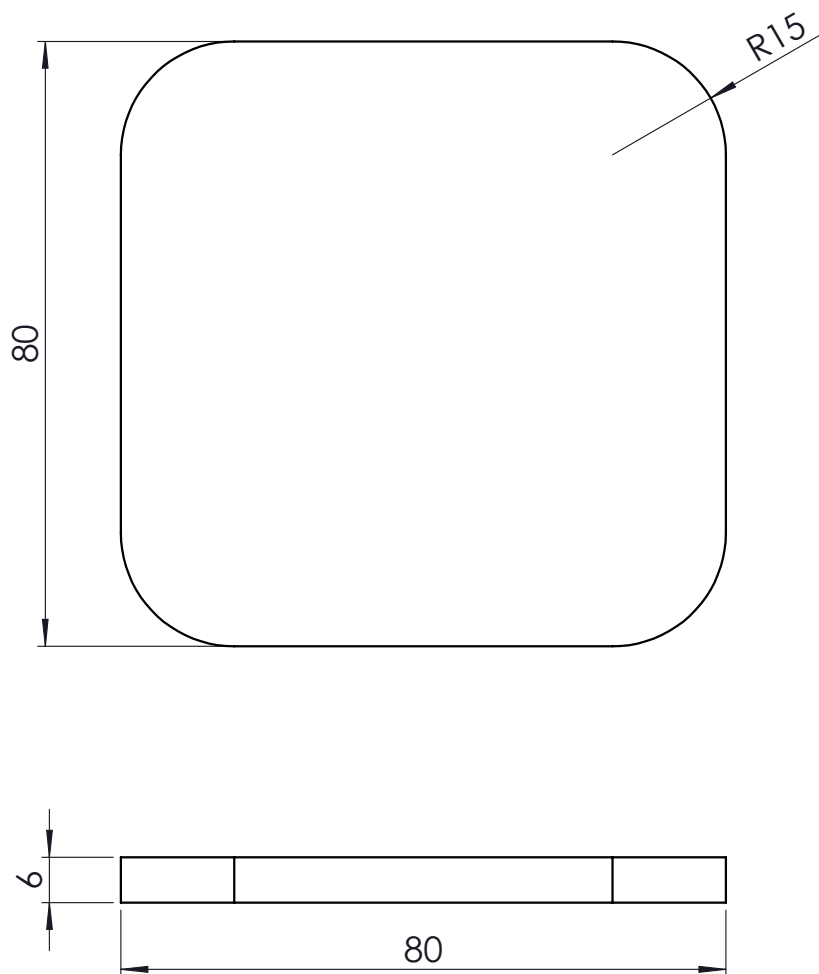
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: PERFIL	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000001	Escala: 1:2
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 7	Proyección: 




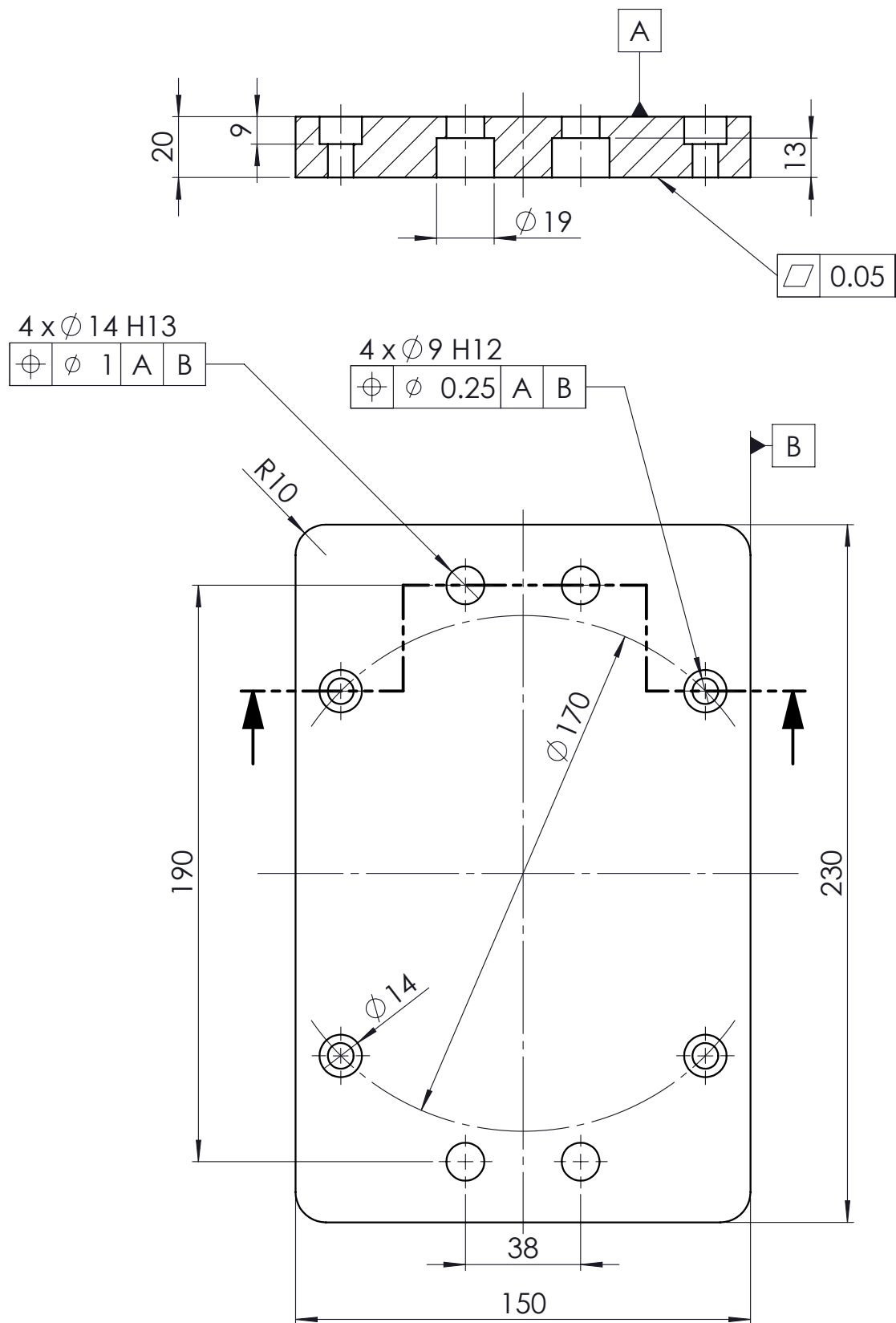
4 x $\varnothing 14$ H13



\oplus	\varnothing	1	A	B
----------	---------------	---	---	---

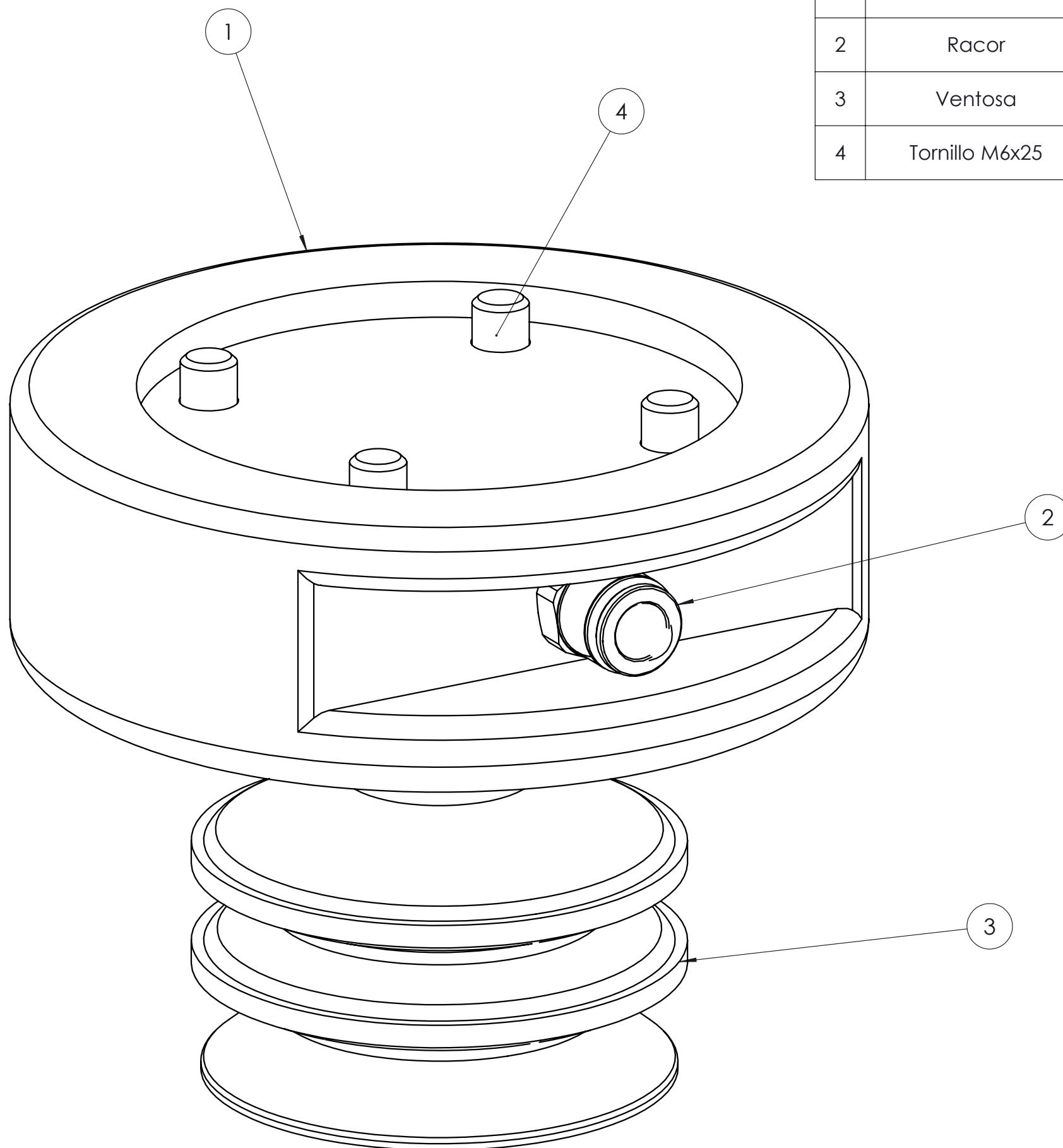
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: PERFIL	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000002	Escala: 1:2
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 8	Proyección: 



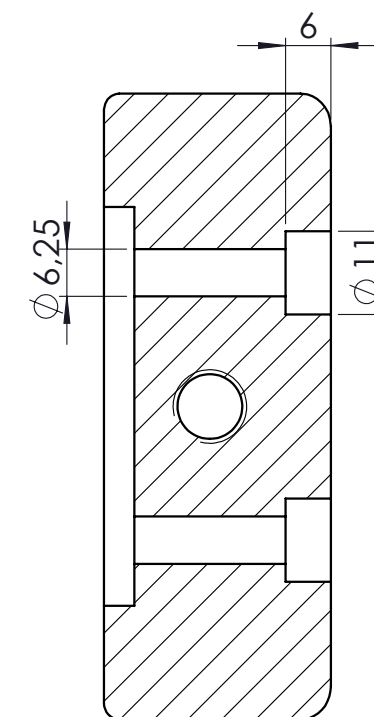
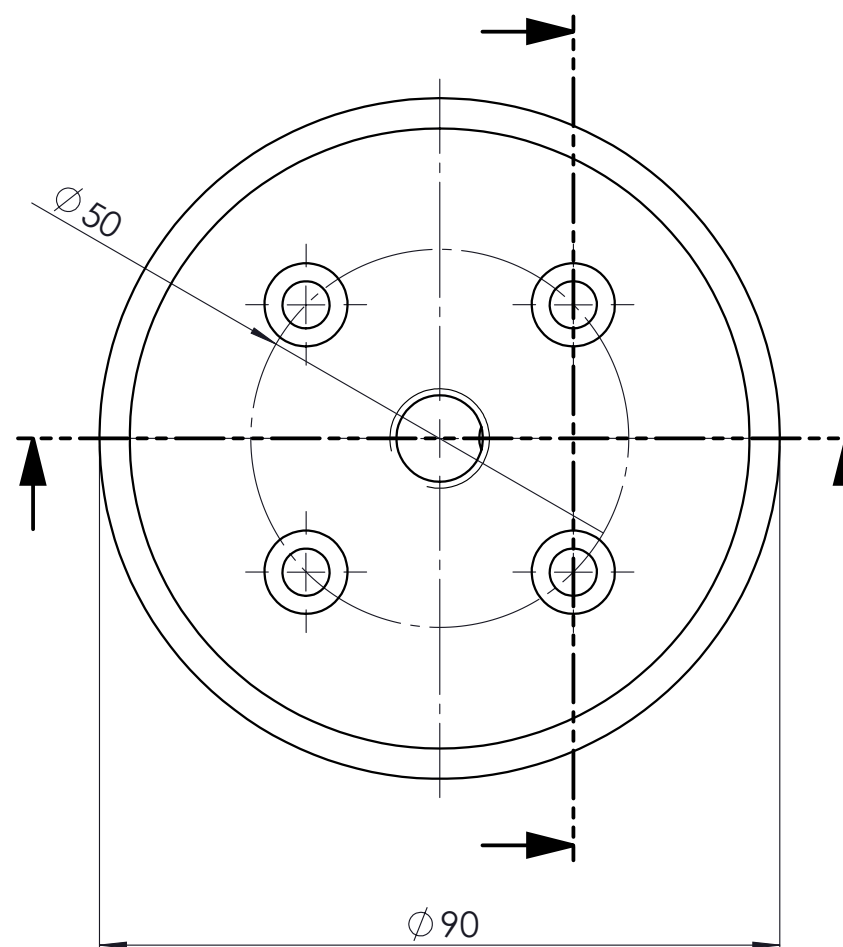
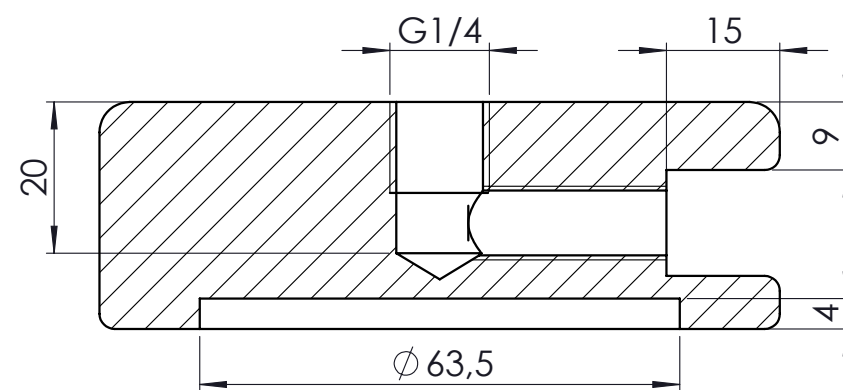
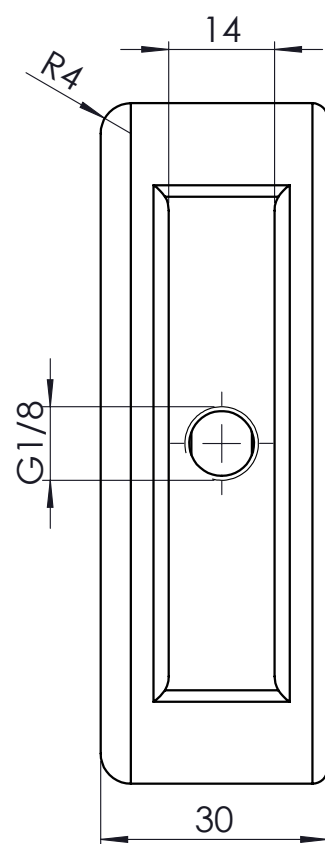
	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: TAPA	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000003	Escala: 1:1
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 9	Proyección: 



	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: BRIDA PÓRTICO	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000019	Escala: 1:2
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 10	Proyección: 



Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANTIDAD	PLANO Nº
1	Brida herramienta	Aluminio aleación 1060	0000000028	1	12
2	Racor	SMC KQ2H06-01S1	0000000029	1	
3	Ventosa	AR, ventosa VF52SB AR, racor RAC7R1/4M	0000000027	1	
4	Tornillo M6x25	Acero M6x25 DIN 912	0000000030	4	



Los redondeos no acotados son de R2

	Dibujado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Título: BRIDA HERRAMIENTA	Dibujado según norma: U.N.E.	Referencia: 0000000028	Escala: 1:1
	Comprobado por: Fernando Ruiz Mendaza	Fecha: 21/07/2019	Proyecto: CÉLULA ROBOTIZADA PARA PALETIZADO FLEXIBLE	T.G. UNE-ENE 22768 m K	Plano N°: 12	Proyección: 



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Pliego de condiciones

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	13/02/2019
Fecha de actualización	17/06/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.	3
2.	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PRODUCTO.	6
2.1.	Listado de materiales y elementos constitutivos.	6
2.2.	Calidades mínimas a exigir.	7
2.2.1.	Pruebas y ensayos.....	21
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PRODUCTO.	25
4.	REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES.	26
5.	ASPECTOS DEL CONTRATO QUE SE REFIERAN AL PROYECTO Y QUE PUDIERAN AFECTAR A SU OBJETO.....	27
5.1.	Criterios de medición, valoración y abono.....	27
5.1.1.	Medición.....	27
5.1.2.	Valoración	27
5.2.	Criterios para las modificaciones al proyecto original, especificando el procedimiento a seguir para las mismas, su aceptación y como deben quedar reflejadas en la documentación final	27
5.2.1.	Modificaciones en el proyecto	27

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: conjunto completo 1.....	4
Ilustración 2: conjunto ampliado 1.....	4
Ilustración 3: conjunto completo 2.....	5
Ilustración 4: conjunto ampliado 2.....	6
Ilustración 12: transportador de cajas	8
Ilustración 13: ejemplo transportador de bolas motorizadas.....	9
Ilustración 14: detalle transportador de cajas.....	9
Ilustración 15: transportador de palés	10
Ilustración 16: transportador de palés cargado.....	11
Ilustración 17: posición palé de trabajo	11
Ilustración 19: estructura soporte	13
Ilustración 20: placa base 90x90	14
Ilustración 21: brida pórtico.....	15
Ilustración 22: robot UR10.....	16
Ilustración 24: brida de la herramienta.....	17
Ilustración 25: racor	18
Ilustración 26: ventosa	19
Ilustración 27: cuadro eléctrico y neumático	20
Ilustración 28: caja del controlador.....	21
Ilustración 21: dimensiones probeta.....	22

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.

El producto diseñado es una célula robotizada para colocar cajas (de unas dimensiones dentro de unos límites y un máximo de peso) en palés en posiciones previamente definidas y programadas por un operario.

Las cajas no tienen necesariamente que ser todas del mismo tamaño para un mismo palé, pero sí que deben ir llegando a la zona de recogida del robot en una secuencia definida, ya que al robot se le programan los puntos de recogida y dejada y la secuencia de estos no varía, el robot no será capaz de distinguir si lleva una caja más grande o más pequeña para cambiar el punto de dejada en función de ella, sería posible hacer esto, pero para este proyecto se considera un inconveniente, ya que se pretende que el robot pueda trabajar con cualquier caja dentro de los límites de tamaño y peso y no con unas cajas de dimensiones predefinidas.

La célula cuenta con un transportador de entrada de cajas cuya función es recibir las cajas que llegan desde un almacén automático o desde una línea de producción y posicionarlas siempre en el mismo punto para que el robot pueda recogerlas con facilidad.

Este transportador es un transportador de bolas motorizadas, la banda avanza longitudinalmente haciendo avanzar las cajas y las bolas giran en sentido transversal empujando las cajas hacia una guía lateral, de esta forma todas las cajas quedan posicionadas al llegar a un tope al final del transportador, este tope cuenta con un detector capacitivo que envía una señal al robot para que este sepa cuando tiene una caja en posición y cuando no.

Los palés para los que está diseñada la célula de trabajo son siempre los mismos (palé europeo), por tanto las dimensiones del palé no varían.

El transportador de palés es el lugar donde los operarios colocarán los palés vacíos para tener un pulmón de entrada, esto lo harán en un extremo, y en el otro extremo recogerán los palés ya cargados con las cajas, a la salida del transportador de palés podría colocarse una paletizadora que haga girar el palé para colocarle un plástico alrededor para así dejar completamente embalada la mercancía, pero eso no entra dentro del alcance de este proyecto.

Este transportador de palés no es más que un transportador de banda que en su punto intermedio cuenta con un detector capacitivo para parar el palé en el punto de trabajo, lugar en el que el robot irá colocando y apilando las cajas según el mosaico programado.

En lo referente a la normativa aplicable a robots colaborativos hay que destacar que deben cumplir la directiva 2006/42/CE de máquinas, teniendo en cuenta que debe cumplirla tanto el robot como el resto de accesorios y transportadores que componen la célula robotizada, además de la célula robotizada en sí misma.

Para ello hay que tener en cuenta que cada uno de los elementos que componen la célula, y cuyo diseño no se incluye en este proyecto por ser elementos comerciales o diseñados a medida por un proveedor, deben contar con su correspondiente marcado CE.

También se ha tenido en cuenta la norma ISO 10218 que indica las velocidades, fuerzas y presiones máximas que puede ejercer el robot sobre las diferentes partes del cuerpo humano.

En las siguientes imágenes se puede visionar el conjunto completo:

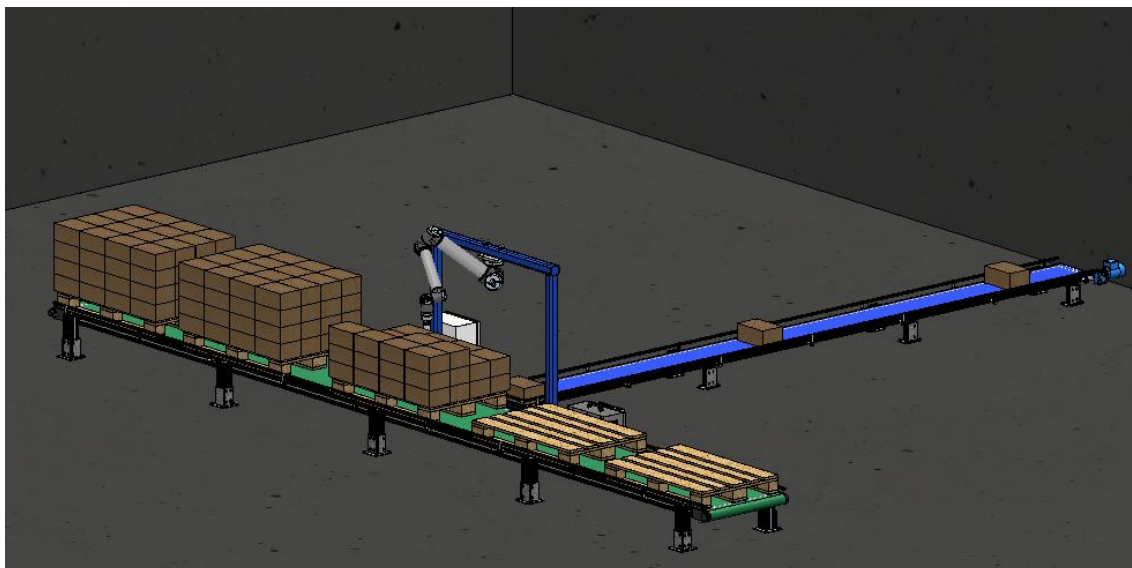


Ilustración 1: conjunto completo 1

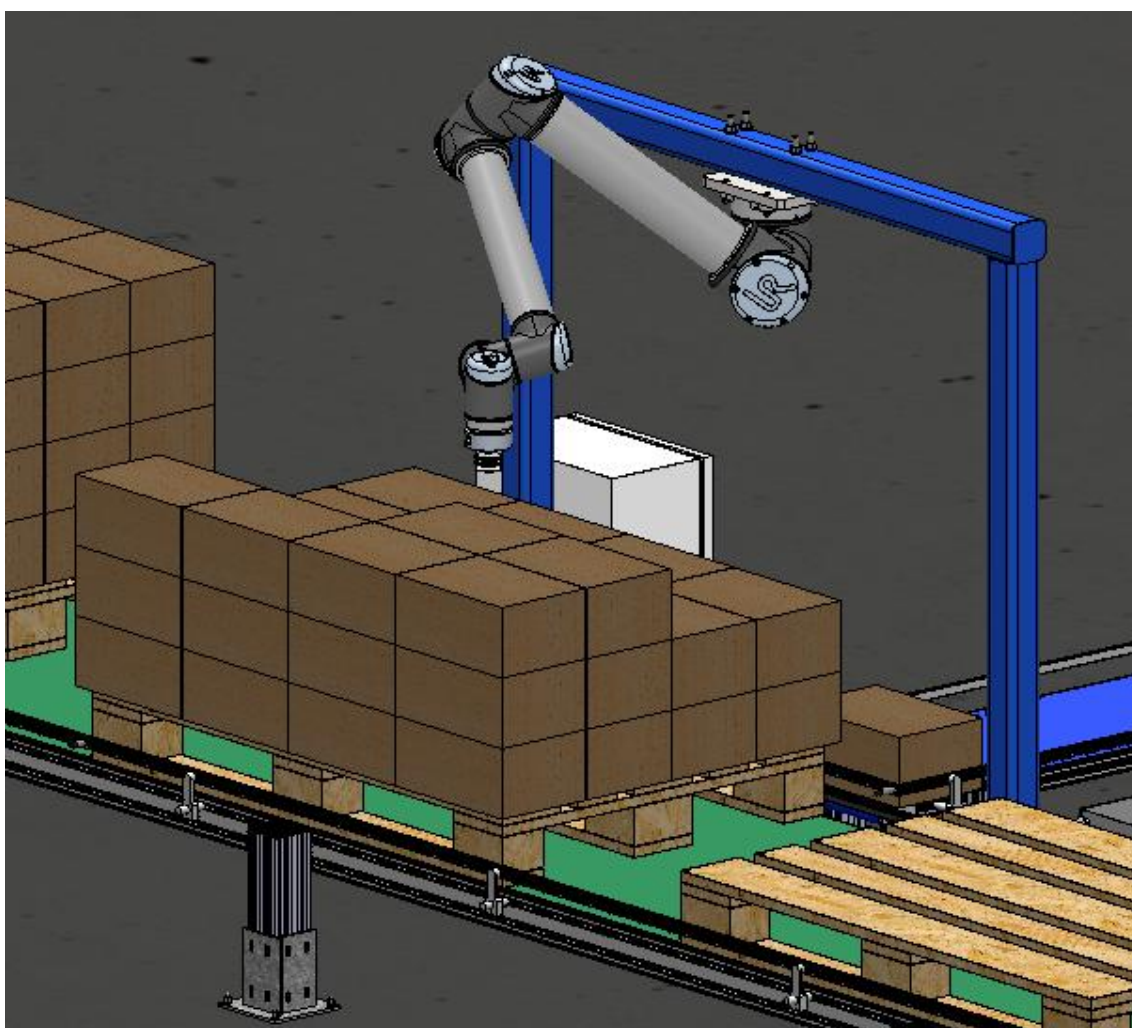


Ilustración 2: conjunto ampliado 1



Ilustración 3: conjunto completo 2

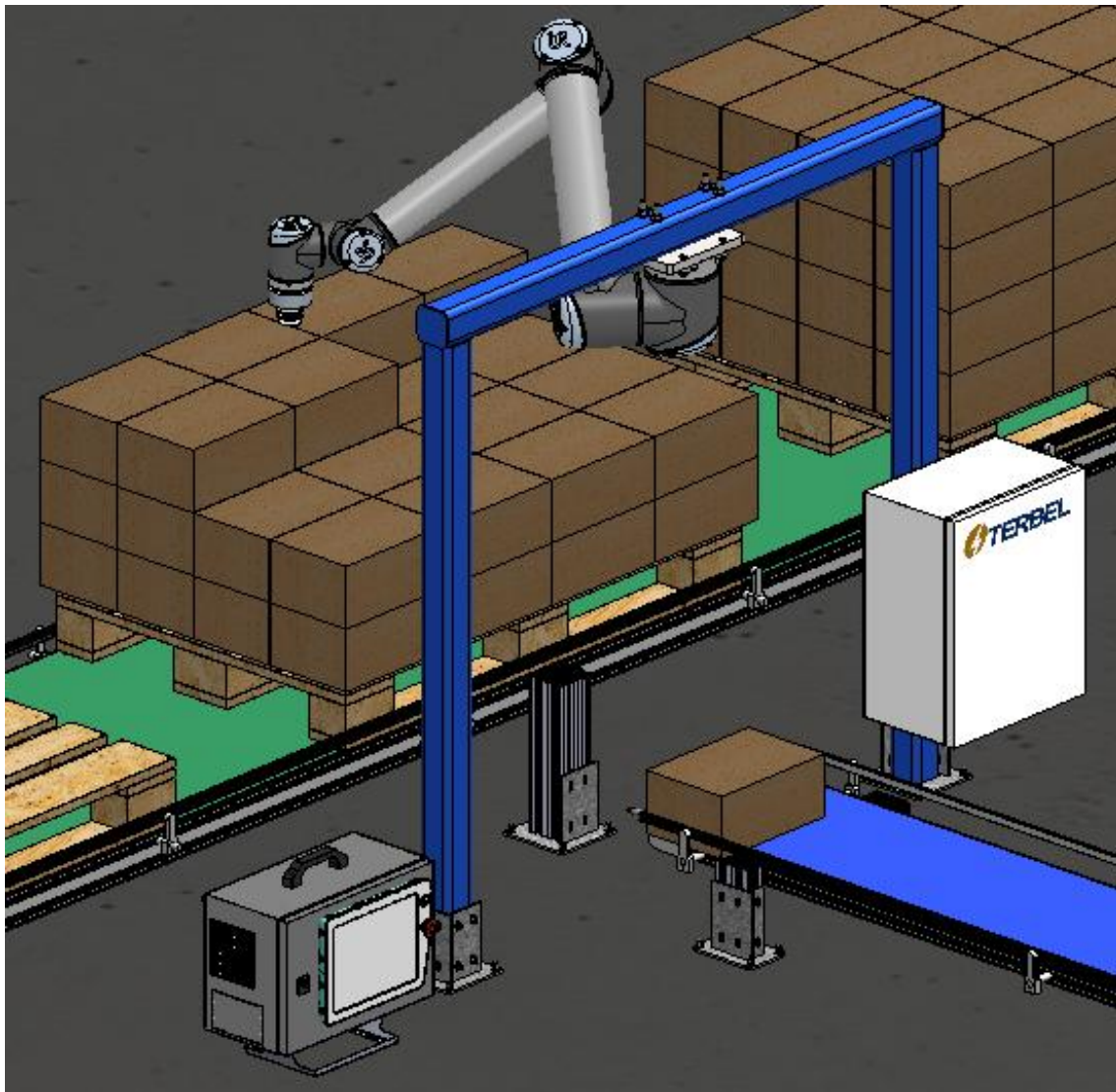


Ilustración 4: conjunto ampliado 2

2. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PRODUCTO.

2.1. Listado de materiales y elementos constitutivos.

- Transportador de cajas (x1).
- Transportador de palés (x1).
- Estructura soporte (x1).
- Placa base 90x90 (x2).
- Arandela M8 (x20).
- Tornillo M8x20 (x16).
- Brida pórtico (x1).

- Tornillo M12x120 (x4).
- Arandela M12 (x4).
- Tuerca M12 (x4).
- Robot UR10 (x1).
- Tuerca M8 (x4).
- Tornillo M8x35 (x4).
- Taco de piso (x8).
- Brida herramienta (x1).
- Racor (x1).
- Ventosa (x1).
- Tornillo M6x25 (x4).
- Cuadro eléctrico y neumático (x1).
- Caja del controlador (x1).

2.2. Calidades mínimas a exigir.

En este apartado se establecen las calidades mínimas que deben cumplir los elementos que componen el proyecto, también se establecerán los elementos normalizados que se empleen.

- **Transportador de cajas:**

Es la parte del conjunto que se encarga de llevar las cajas a un punto fijo para que el robot pueda recogerlas.

Se ha dimensionado de tal forma que permita que las cajas lleguen a él desde diferentes posiciones para que se pueda alimentar con un almacén automático, por eso es un transportador tan largo.

Si se fuera a colocar a la salida de una línea de producción sería recomendable sustituirlo por uno más corto para ahorrar espacio y abaratar el proyecto.

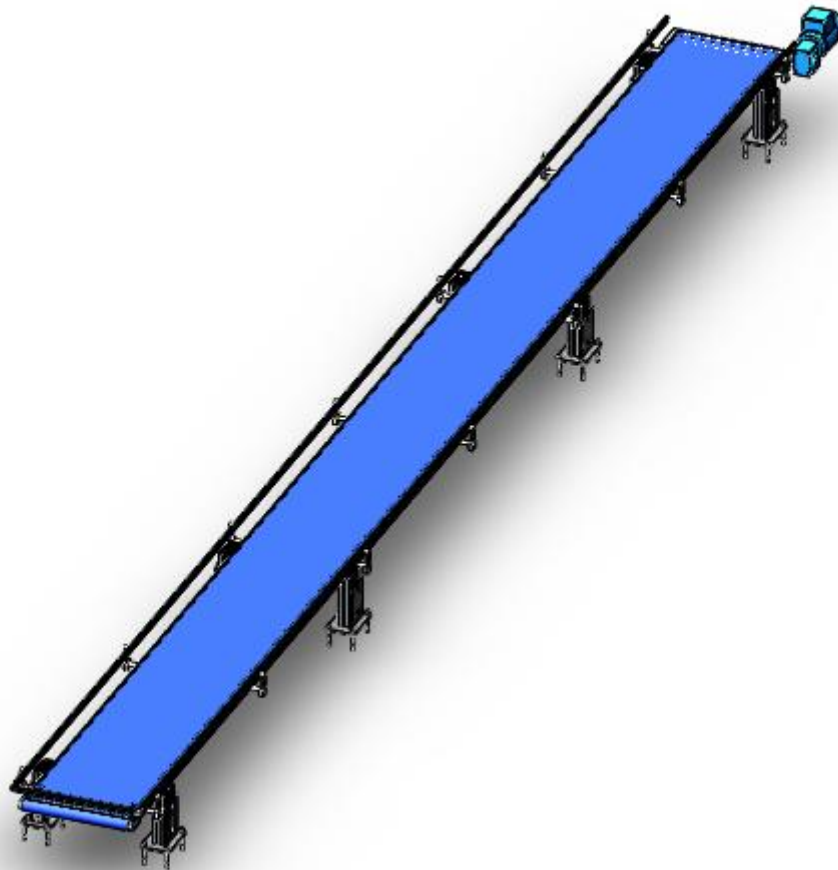


Ilustración 5: transportador de cajas

De este elemento destacar que debe ser un transportador de bolas motorizadas, de forma que las bolas empujen las cajas de forma transversal hacia la guía lateral izquierda, de esta forma cuando las cajas lleguen al tope final del transportador estarán colocadas contra la guía izquierda y por tanto posicionadas para que el robot pueda recogerlas sin problema.

Las bolas motorizadas no se han incluido en el diseño en 3D porque es necesaria mucha capacidad de procesamiento para ello y además el diseño final de esta parte irá a cargo del suministrador (Montajes Eléctricos Terbel).

Ejemplo de transportador de bolas motorizadas:

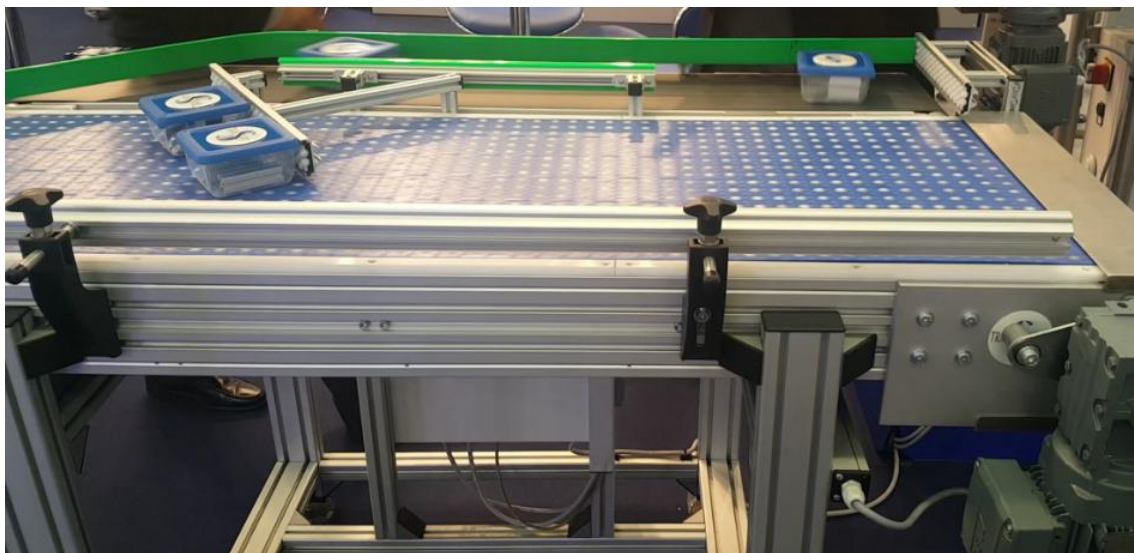


Ilustración 6: ejemplo transportador de bolas motorizadas

El transportador cuenta con un tope al final contra el que se posiciona la caja, este tope debe presentar un orificio roscado para la colocación de un detector capacitivo de métrica 12 para detectar cuando hay una caja posicionada.

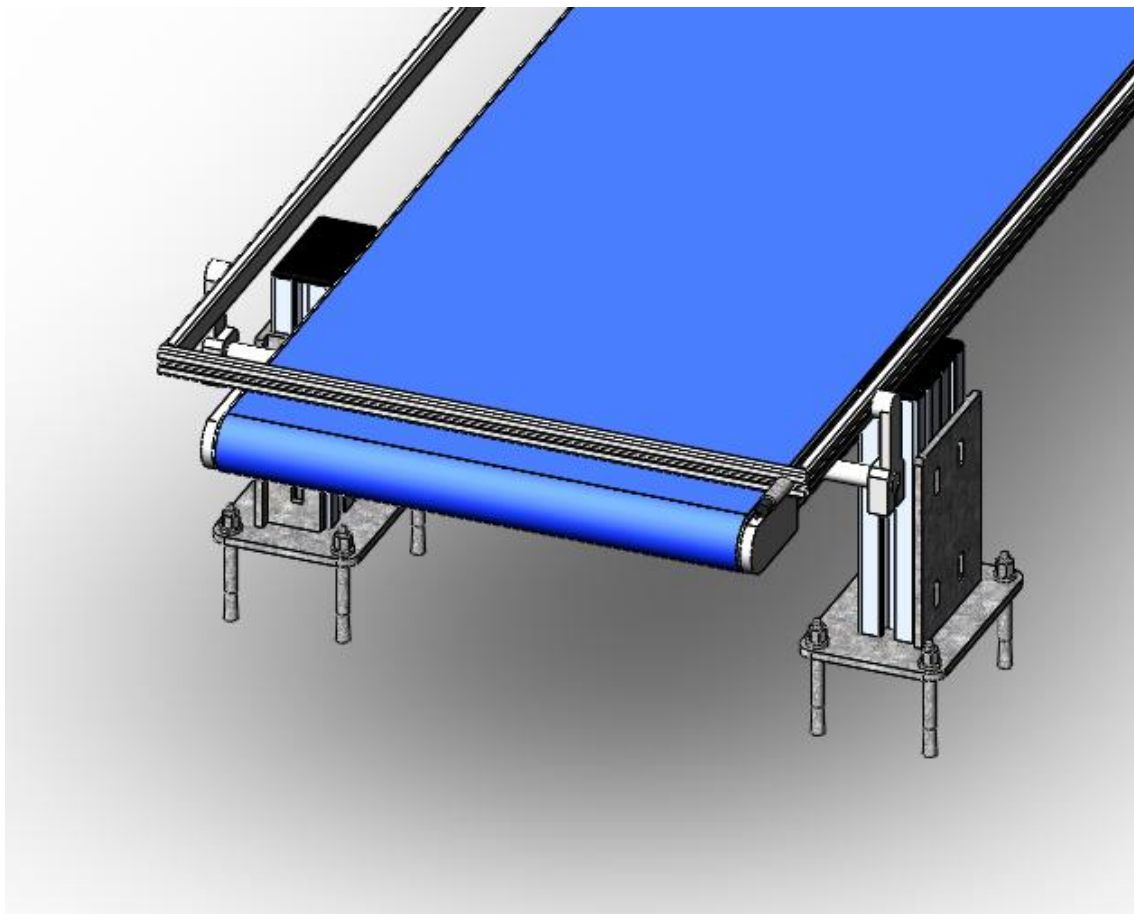


Ilustración 7: detalle transportador de cajas

El diseño y suministro de este transportador lo hará la empresa Montajes Eléctricos Terbel, teniendo en cuenta que las cajas para las que debe estar dimensionado son de entre 60 y 300 mm en cualquiera de sus dimensiones y que el peso máximo de cada una será de 8 kg.

El transportador puede estar completamente lleno de cajas y debe poder soportar el peso de un operario que se suba para programar el robot.

La zona de motorización de las bolas no es necesario que abarque toda la longitud del transportador, el suministrador calculará la longitud necesaria para cajas de cartón de dimensiones entre 60 y 300 mm en cualquiera de sus dimensiones y un peso máximo de 8 kg.

En los planos únicamente se acotan las dimensiones que es necesario que el fabricante respete, el resto del diseño puede realizarse de otra manera siempre que cumpla las especificaciones descritas en el proyecto.

- **Transportador de palés:**

Es un transportador de banda cuya función es transportar y posicionar los palés para que el que se está cargando siempre quede en el mismo punto con respecto al robot.

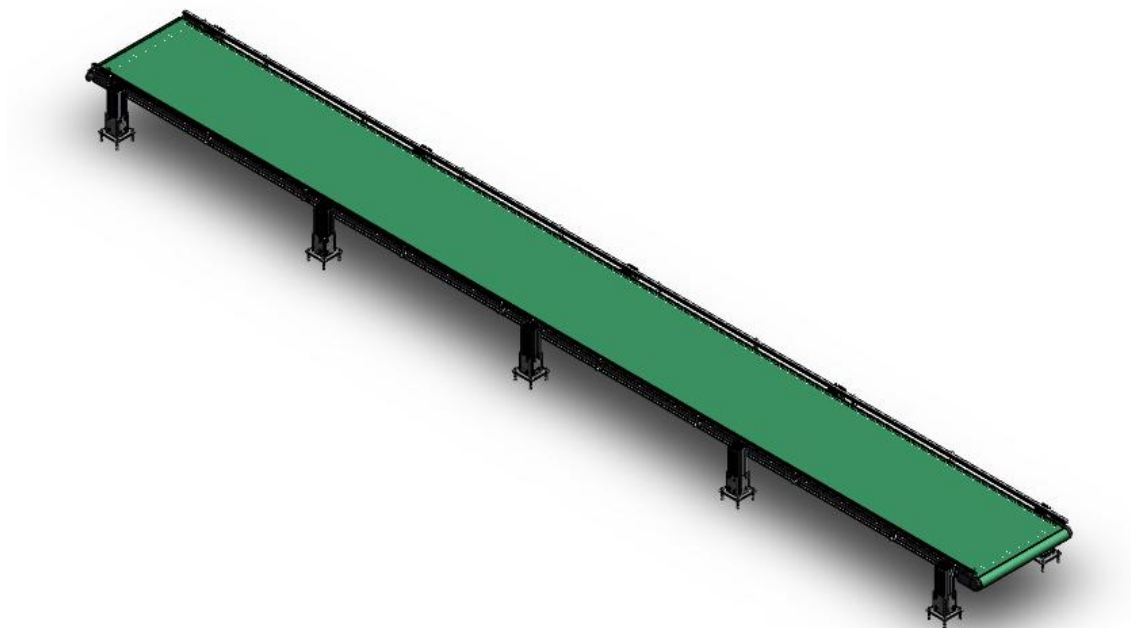


Ilustración 8: transportador de palés

Está diseñado para poder disponer de 2 palés vacíos como pulmón de entrada y de 2 palés llenos como pulmón de salida, además del que se está cargando.

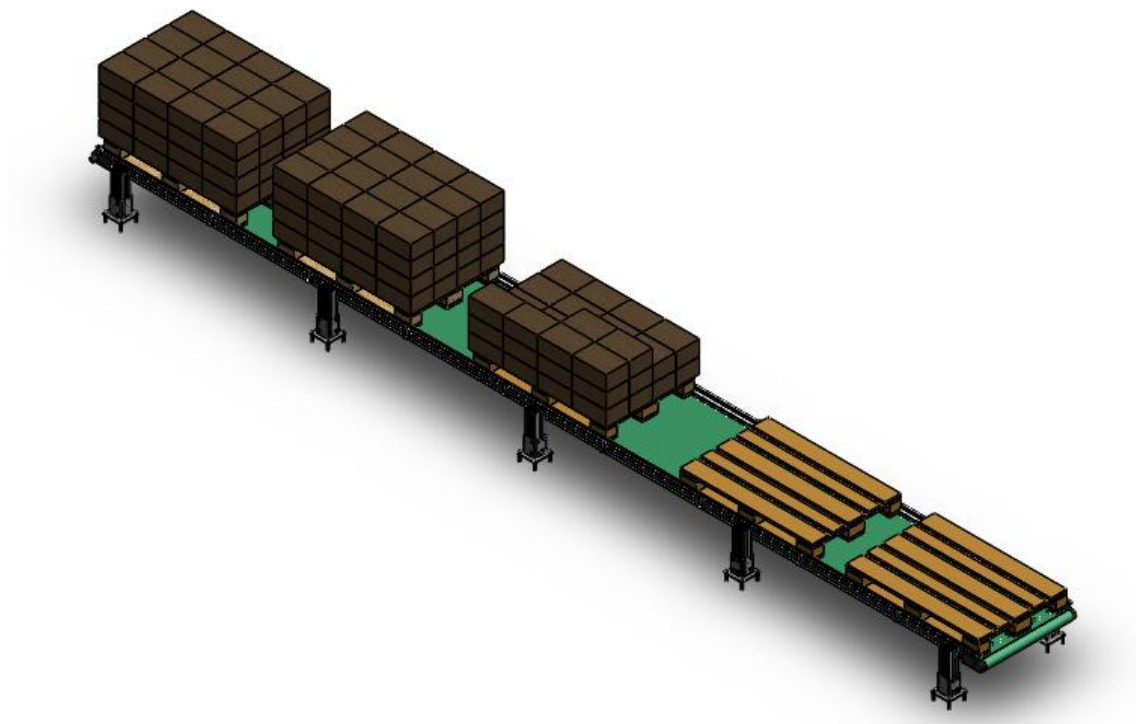


Ilustración 9: transportador de palés cargado

Para posicionar el palé de trabajo (palé central) el transportador dispone de un detector capacitivo colocado en la guía lateral, de esta manera cuando el detector vea el extremo del palé el transportador se detendrá y el palé quedará posicionado siempre en el mismo punto.

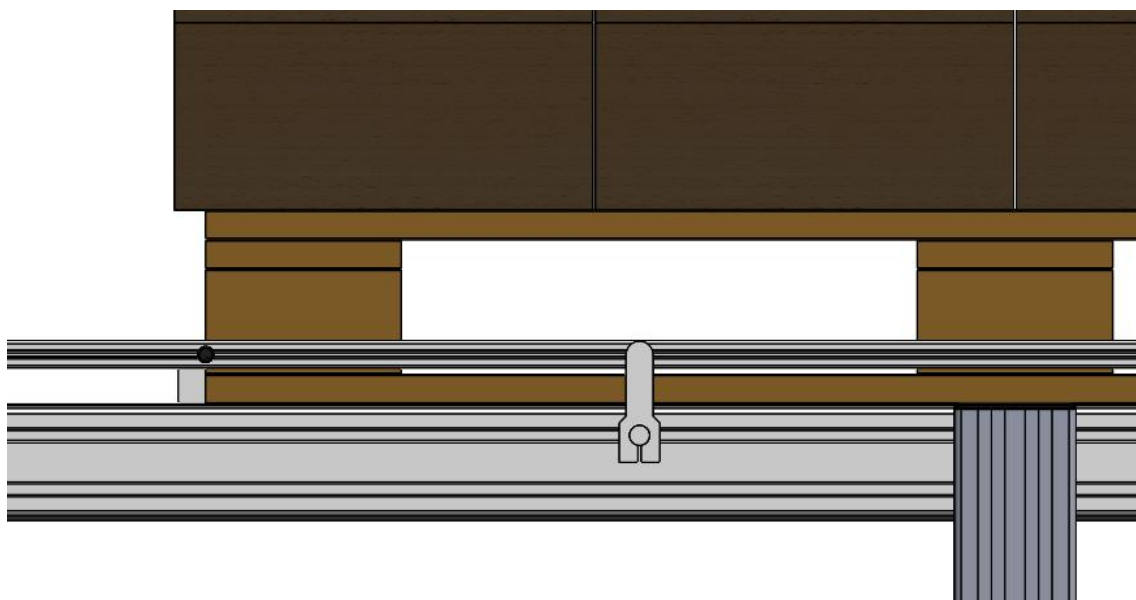


Ilustración 10: posición palé de trabajo

Una vez cargado para asegurar que lo que ve el detector es el siguiente palé se hará avanzar el transportador la distancia de un palé, para ello es necesario que el transportador cuente con un encoder para poder controlar el avance de la banda, además se programará un contador de forma que cuando el detector haya visto los 3 perfiles del mismo palé el siguiente que vea ya sea el del próximo palé y se detenga el transportador en ese punto.

De esta manera combinando el detector con un encoder y programando correctamente el funcionamiento del transportador es posible posicionar con precisión los palés.

Del diseño y suministro de este transportador se encargará la empresa Montajes Eléctricos Terbel, teniendo en cuenta que las cajas más pequeñas son de 60 x 60 x 60 con un peso por caja de máximo 8 kg para así calcular el peso máximo de cada palé, además también hay que tener en cuenta que un operario debe poder subirse encima del transportador para programar el robot.

Al final del transportador para evitar que avance tanto como para tirar el palé se colocará otro detector capacitivo que verá el palé antes de que este llegue al final para que no se caiga, este detector sirve para colocar el palé en una posición en la que pueda ser recogido con una carretilla.

Como un detector por sí solo no es muy seguro, ya que si por el motivo que sea no viera el palé este se caería con los riesgos para la seguridad que eso conlleva, se programará para que mediante el encoder no se deje avanzar a un palé más allá del límite del transportador, solo se volverá a hacer avanzar una vez que el detector lo haya visto y luego lo haya dejado de ver, de esta manera se consigue que si el detector no ve todo se pare evitando riesgos para la seguridad de las personas y equipos.

En los planos únicamente se acotan las dimensiones que es necesario que el fabricante respete, el resto del diseño puede realizarse de otra manera siempre que cumpla las especificaciones descritas en el proyecto.

- **Estructura soporte:**

Su fabricación es mediante perfiles comerciales de acero estructural S185 cortados a la longitud necesaria a los que se le mecanizan las roscas y agujeros necesarios y se sueldan unos con otros.

Una vez soldada la estructura se procede al lacado de la misma.

Esta estructura sirve como soporte para algunos de los elementos que componen el pórtico, además de utilizarse para hacer llegar los cables desde el cuadro y desde la caja del controlador hasta el brazo del robot.

Los agujeros para pasar los cables y para sujetar el cuadro no se han incluido porque se realizarán durante la puesta en marcha, ya que puede haber modificaciones en esa fase.

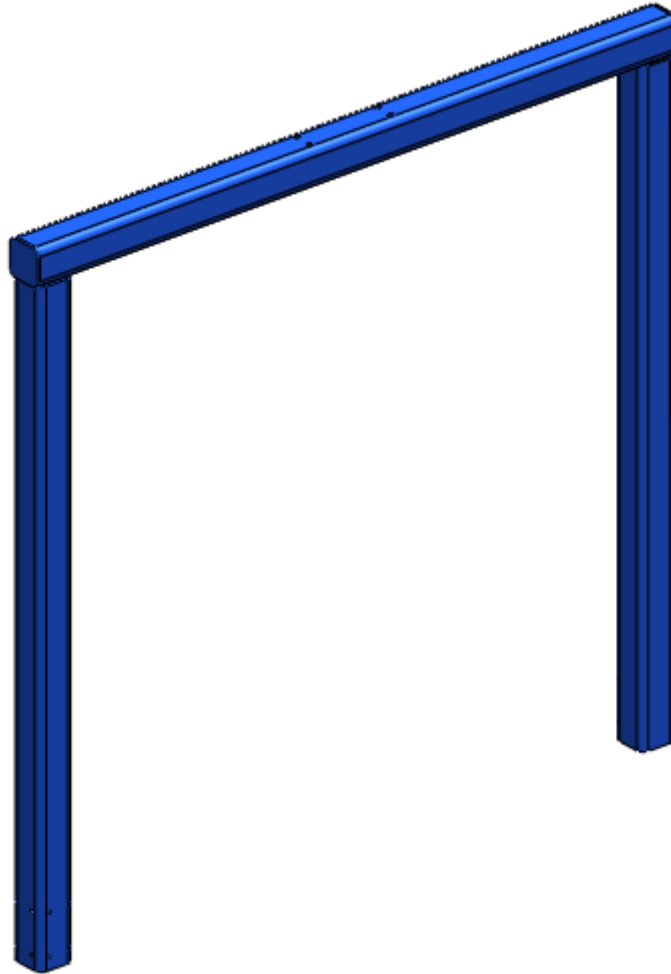


Ilustración 11: estructura soporte

- **Placa base 90x90:**

Placa de acero de la marca Bosch Rexroth que se utiliza junto con los tacos de piso para anclar la estructura soporte al suelo.

Referencia del fabricante 3 842 536 746.

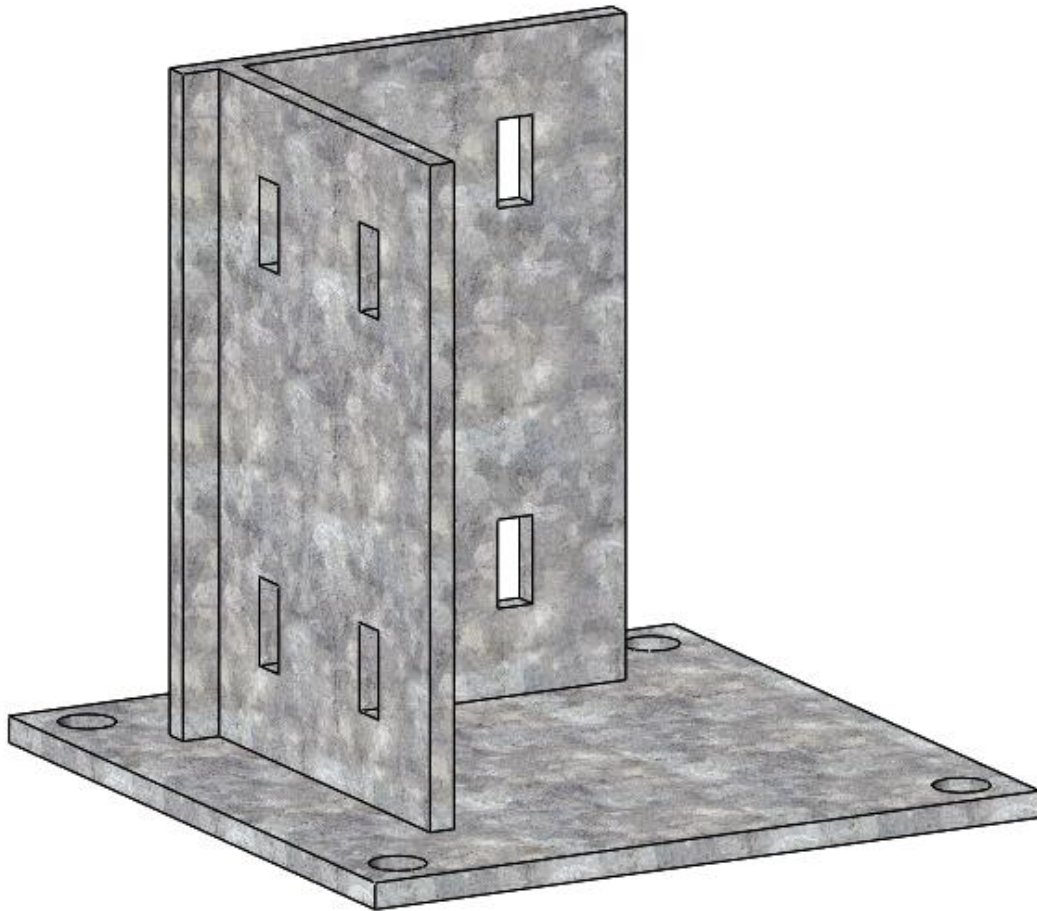


Ilustración 12: placa base 90x90

- **Arandela M8:**

Arandela normalizada A 8,5 DIN 125 de acero.

Estas se emplean tanto para la unión de la placa base con la estructura soporte como para la unión de la brida con el robot UR10.

- **Tornillo M8x20:**

Tornillo normalizado DIN 912 calidad 8.8 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 20 mm.

Estos se emplean en la unión de la placa base con la estructura soporte, van atornillados directamente a la estructura.

- **Brida pórtico:**

Elemento fabricado en acero estructural S185 por mecanizado que sirve como unión entre el robot UR y la estructura soporte, va atornillado a ambos.

Este elemento es necesario ya que el robot debe ir atornillado sobre una superficie con una cierta tolerancia de planitud, tolerancia que el perfil superior de la estructura no cumple.

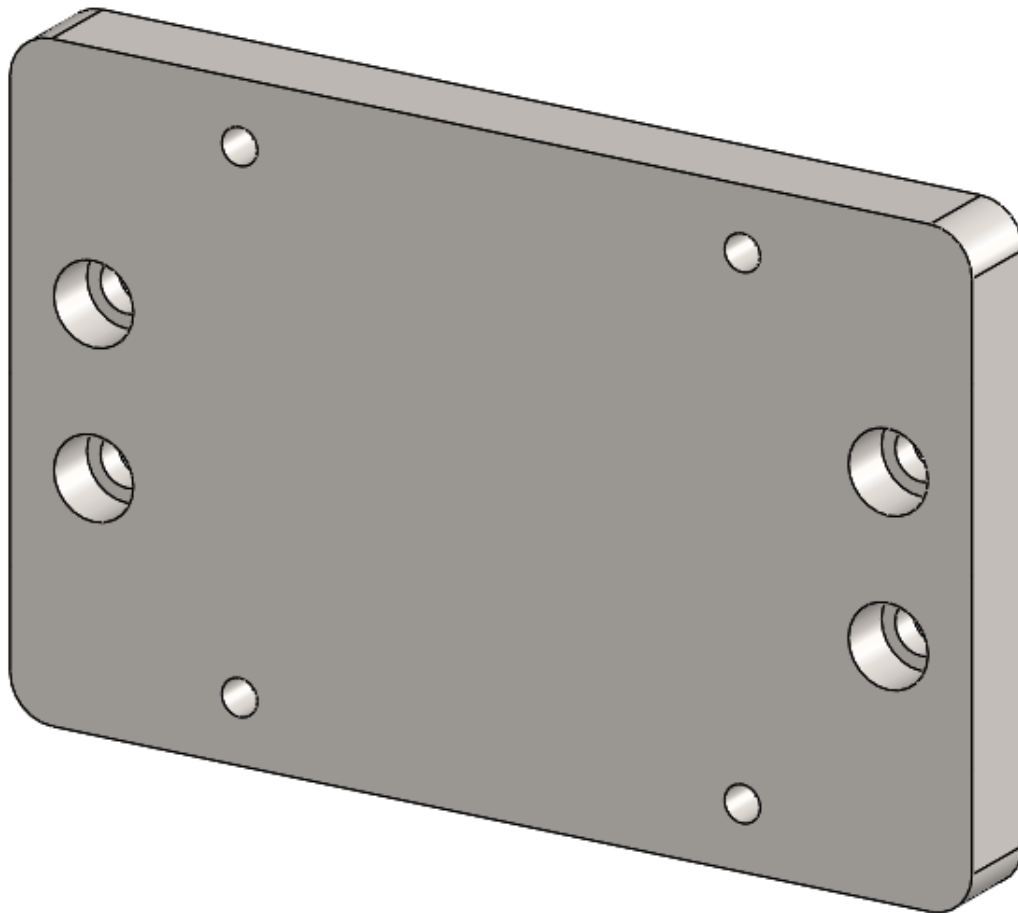


Ilustración 13: brida pòrtico

- **Tornillo M12x120:**

Tornillo normalizado DIN 912 calidad 8.8 de acero, de métrica 12 y longitud de vástago 120 mm.

Estos se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

- **Arandela M12:**

Arandela normalizada A 13 DIN 125 de acero.

Estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

- **Tuerca M12:**

Tuerca normalizada DIN 934 calidad 8 de acero y de métrica 12.

Estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.

- **Robot UR10:**

Brazo robótico programable colaborativo de la marca UR Robots, modelo UR10.

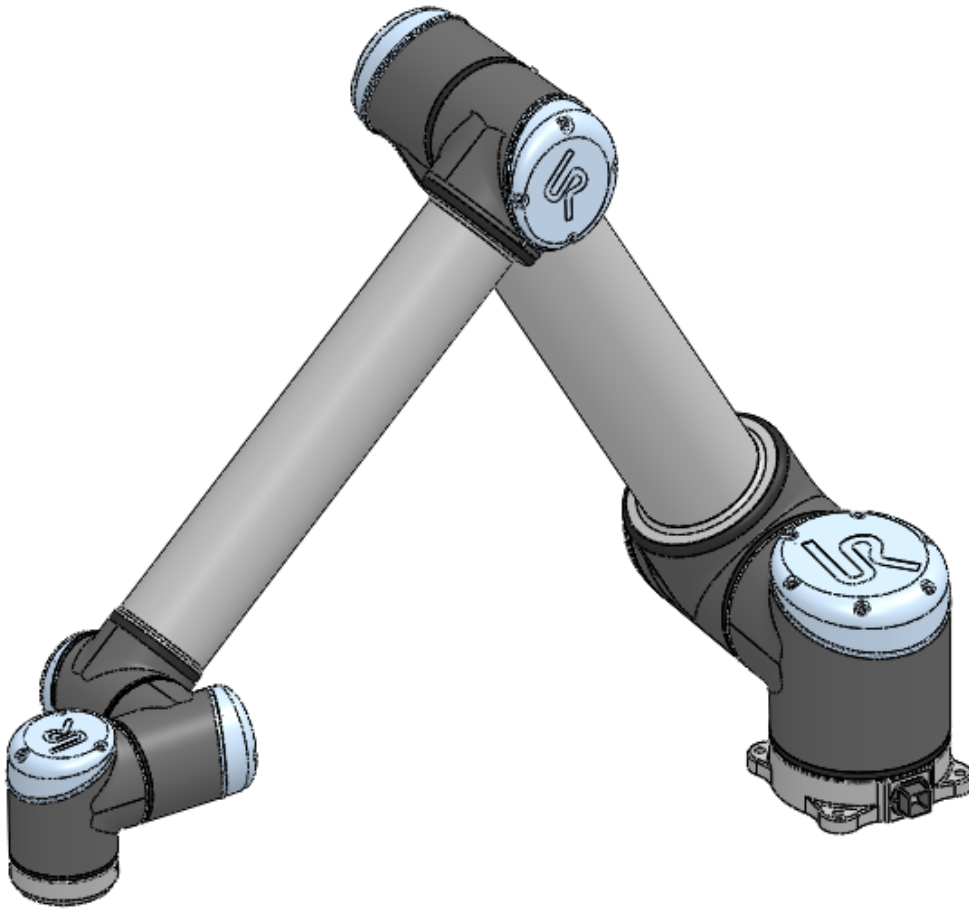


Ilustración 14: robot UR10

- **Tuerca M8:**

Tuerca normalizada DIN 934 calidad 8 de acero y de métrica 8.

Se emplean en la unión del robot UR con la brida.

- **Tornillo M8x35:**

Tornillo normalizado DIN 912 calidad 8.8 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 35 mm.

Se emplean en la unión del robot UR con la brida.

- **Taco de piso:**

Anclaje comercial de la marca Bosch Rexroth, modelo cuya referencia del fabricante es 3842526561, específico para las placas base utilizadas.

Sirve como elemento de anclaje de las placas base al suelo.

Las dimensiones representadas en las imágenes y planos en 3D pueden no corresponderse con las dimensiones reales de este elemento.

- **Brida herramienta:**

Pieza de aluminio aleación 1060 mecanizada.

Sirve como soporte de todos los elementos que componen la herramienta, además debido a que los orificios para atornillar la ventosa y el racor están comunicados sirve para hacer llegar el vacío a la ventosa conectando un tubo de vacío al racor.

El tubo de vacío vendría desde el cuadro pasando por la estructura y por el brazo.

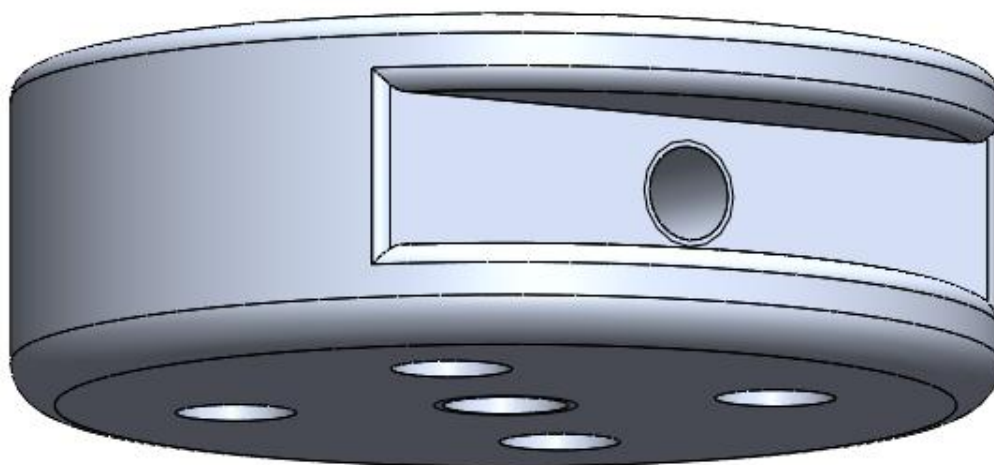


Ilustración 15: brida de la herramienta

- **Racor:**

Elemento de conexión de la marca SMC, modelo KQ2H06-01S1.

Es el elemento que permite conectar el tubo de vacío a la brida para alimentar la ventosa.

La forma de la brida hace que el racor quede en su interior, de manera que las aristas que este tiene no sobresalgan pudiendo causar daños en caso de una colisión del brazo con una persona. De esta manera lo único que sobresale es el tubo de vacío.

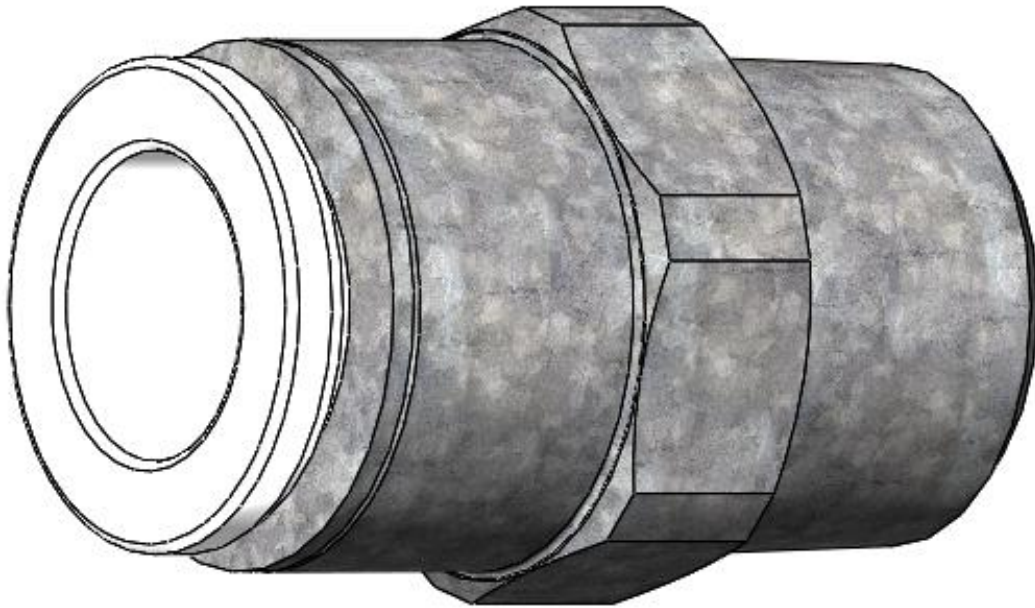


Ilustración 16: racor

- **Ventosa:**

Ventosa con racor de la marca AR, va atornillada directamente a la brida de la herramienta.

El modelo de la ventosa es VF52SB y el del racor es RAC7R1/4M.



Ilustración 17: ventosa

- **Tornillo M6x25:**

Tornillo normalizado DIN 912 calidad 8.8 de acero, de métrica 6 y longitud de vástago 25 mm.

Se emplean 4 de estos tornillos para unir la herramienta a la muñeca del robot.

- **Cuadro eléctrico y neumático:**

Este elemento será diseñado a medida para la aplicación por la empresa Montaje Eléctricos Terbel, las dimensiones representadas en los planos son por tanto orientativas, se dispone de bastante espacio en el lugar en el que va colocado.



Ilustración 18: cuadro eléctrico y neumático

El cuadro debe contener todos los elementos eléctricos y neumáticos necesarios para hacer funcionar la aplicación que el fabricante considere necesarios, incluyendo un autómatas para programar los movimientos de los diferentes transportadores (este estará comunicado con la caja del controlador del robot), conexionado eléctrico para el robot y para los transportadores y los elementos necesarios para generación del vacío necesario.

El cuadro se debe alimentar únicamente con un cable a la tensión que considere el fabricante y con un tubo de presión de aire en las condiciones de presión y caudal que el fabricante considere necesarias.

Si el fabricante lo considera necesario se puede sustituir el cuadro acoplado a la estructura por uno externo, dependiendo de las dimensiones del cuadro que sea necesario.

Si finalmente va acoplado a la estructura esto se hará con tornillos autotaladrantes, durante la puesta en marcha.

- **Caja del controlador:**

Elemento comercial de la marca UR Robots, modelo CB2, es la caja de control que viene incluida para el robot UR10.

Viene con una pantalla que permite programar el robot y con todos los elementos necesarios para su conexión y comunicación con los diferentes elementos de la célula.

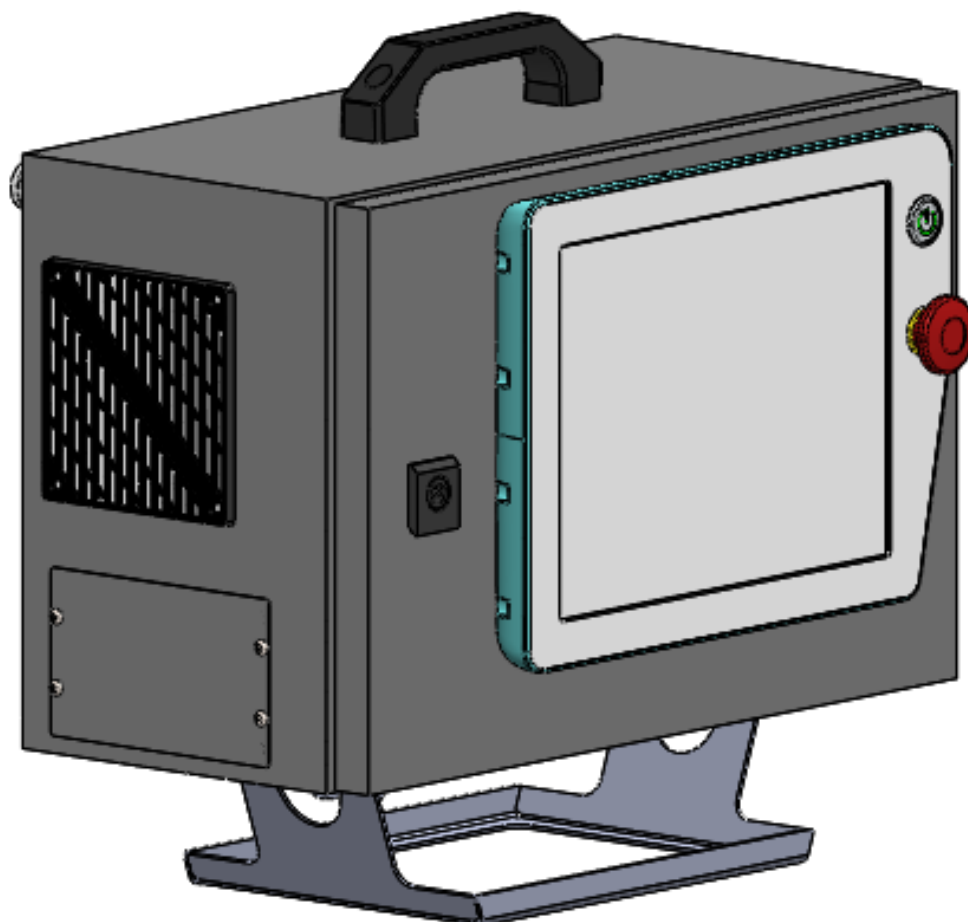


Ilustración 19: caja del controlador

2.2.1. Pruebas y ensayos.

2.2.1.1. Ensayos previos a la fabricación.

Se considera necesario comprobar el límite elástico de los diferentes elementos antes de proceder a la fabricación de los mismos, el límite elástico empleado para el cálculo en función del material ha sido:

- Aluminio aleación 1060: 27,57 MPa
- Acero S185: 175 MPa

Para comprobar estos límites se realizará un ensayo de tracción por cada uno de los materiales a ensayar.

Consiste en someter a una probeta del material a ensayar a esfuerzos de tracción progresivamente crecientes hasta la rotura.

Se realizará según la norma ASTM D638-02a, esta norma se considera adecuada para ensayar los materiales objeto de este estudio.

Se tomará como resultado de este ensayo el valor del límite elástico convencional, que es el correspondiente al esfuerzo a aplicar en la probeta para que en un tiempo de 10 segundos se obtenga una deformación del 0,2% de la longitud inicial.

El procedimiento comienza con la fabricación de una probeta (en este caso se considera necesario tener al menos 2 por si hubiera errores o defectos de fabricación que impidieran la correcta obtención de resultados), de las siguientes dimensiones:

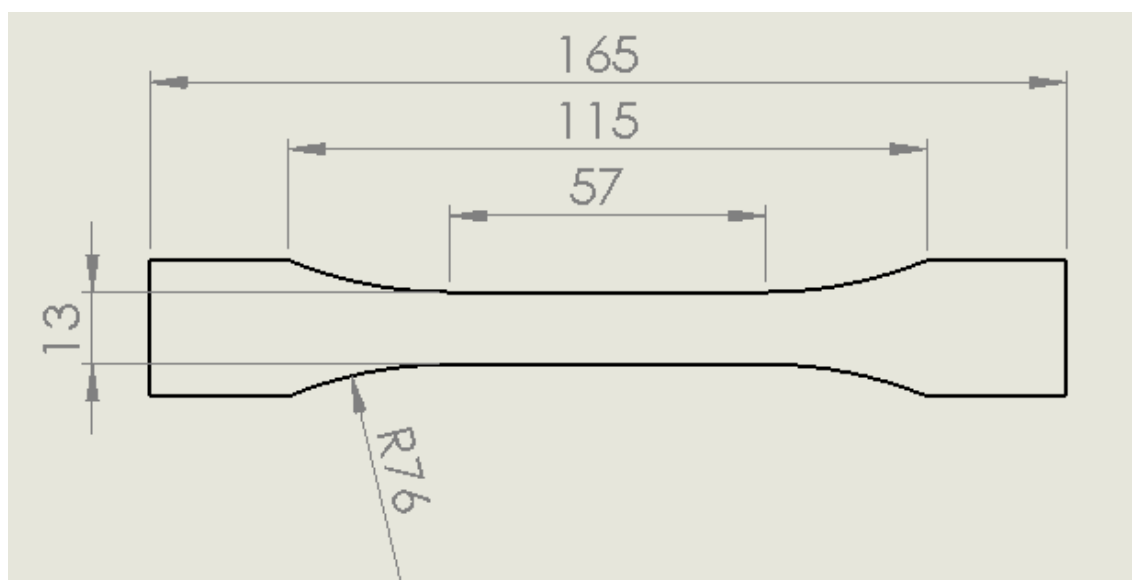


Ilustración 20: dimensiones probeta

Las medidas están en milímetros y el espesor es de 3,2 mm.

El ensayo se realizará en la máquina de tracción-compresión conectada al PC presente en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad de La Rioja, para ello el procedimiento es el siguiente:

Se arranca el ordenador y se ejecuta el programa de adquisición de datos (PCD 1065W), se hace clic con el botón derecho sobre el icono en la barra de tareas y se selecciona la opción adecuada para material.

Lo siguiente es conectar la bomba hidráulica y pulsar el botón de marcha, se pulsa el botón “CON PRESIÓN” y posteriormente “SELECT”.

A continuación se coloca la probeta en la mordaza superior (utilizando los botones abrir y cerrar para atrapar la probeta) y se comienza el ensayo.

Una vez concluido (cuando la probeta rompa) se le da a imprimir resultados y se obtiene el límite elástico.

En este caso no se considera necesario obtener nada más, el ensayo quedaría concluido.

Los valores obtenidos para el límite elástico en el ensayo deben ser iguales o superiores a los utilizados para el cálculo.

2.2.1.2. Pruebas y ensayos sobre elementos constitutivos del producto.

A continuación se explican las diferentes pruebas y ensayos sobre cada una de las partes que deberán ser superados satisfactoriamente para que dichas partes puedan formar parte del producto final.

Se buscará en la medida de lo posible que estos ensayos no sean destructivos, es decir que una vez realizados se conserve la integridad del elemento, de esta forma el mismo elemento ensayado podrá formar parte del producto final y se reducirán tiempos de fabricación y costes.

- **Transportador de cajas:**

Búsqueda a simple vista de defectos que pudieran afectar al funcionamiento del elemento.

Comprobación de funcionamiento tanto del transportador longitudinal como del de las bolas motorizadas para posicionar transversalmente.

Comprobación del funcionamiento del detector capacitivo.

- **Transportador de palés:**

Búsqueda a simple vista de defectos que pudieran afectar al funcionamiento del elemento.

Comprobación de funcionamiento del transportador longitudinal.

Comprobación de funcionamiento de los detectores capacitivos.

- **Estructura soporte:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar a la durabilidad del elemento.

Comprobación de que sus dimensiones finales permiten su montaje como está establecido.

- **Placa base 90x90:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar al correcto funcionamiento y durabilidad del elemento.

- **Brida pórtico:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar al correcto funcionamiento y durabilidad del elemento.

Comprobación de que sus dimensiones finales permiten su montaje como está establecido.

Comprobación de la tolerancia de planitud de la superficie en la que apoya el brazo del robot, ya que si no cumple el brazo podría resultar dañado con el uso.

- **Robot UR10:**

Búsqueda de defectos a simple vista.

Comprobación de que las juntas no presentan pérdida de aceite.

Prueba de funcionamiento: encenderlo y hacer un programa de prueba en el que el robot pase por varios puntos para comprobar su correcto funcionamiento.

- **Brida herramienta:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar al correcto funcionamiento y durabilidad del elemento.

Comprobación de que sus dimensiones finales permiten su montaje como está establecido.

- **Brida herramienta:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar al correcto funcionamiento y durabilidad del elemento.

- **Ventosa:**

Búsqueda a simple vista de defectos superficiales que pudieran afectar al correcto funcionamiento y durabilidad del elemento.

- **Cuadro eléctrico y neumático:**

Inspección visual de los elementos presentes en el cuadro y comprobación de las diferentes conexiones eléctricas y neumáticas.

Prueba de generación de vacío, empleando un compresor para alimentar con presión neumática y conectando la ventosa, se comprueba que la presión de vacío sea la suficiente para levantar las cajas más pesadas (las de 8 kg).

2.2.1.3. Pruebas y ensayos del producto final

Una vez se hayan realizado las pruebas y ensayos de cada uno de los componentes se procederá al montaje de la célula robotizada, para una vez montada programarla y poder realizar las diferentes pruebas de funcionamiento que se consideran necesarias para evaluar que todo funciona en las condiciones que debería hacerlo.

Las pruebas que se realizarán sobre el producto final son las siguientes:

Se hará una simulación de programación o un programa de paletizado real y se pondrá a funcionar en continuo.

Habrà que comprobar que los puntos de paso del robot son los correctos, lo que significa que está bien programado y que la ventosa hace el vacío suficiente (sobre todo con las cajas más pesadas).

También hay que comprobar el correcto funcionamiento de los transportadores, que las cajas y los palés se posicionan bien.

El funcionamiento de los detectores a la hora de parar los palés y comprobación de que el sistema de paro del palé cuando el detector falla también funciona (el encoder mide el avance del palé y lo hace parar antes de llegar al final del transportador).

Si todo ha funcionado correctamente lo siguiente sería hacer otro programa diferente (para otras cajas o para otro mosaico de dejada) y comprobar otra vez el funcionamiento, en este caso hacerlo al menos durante una jornada de trabajo.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PRODUCTO.

Las fases que componen la ejecución del producto son las siguientes:

- Fase de ensayos previos a la fabricación.
- Fase de preparación.
- Fase de fabricación y compra de elementos.
- Fase de ensayos sobre elementos constitutivos del producto.
- Fase de montaje y programación.
- Fase de ensayos sobre el producto final.
- Fase de elaboración de documentación final.
- Fase de formación de operarios.

En primer lugar se realizan los ensayos previos a la fabricación, estos están descritos con detalle en el apartado correspondiente del pliego de condiciones.

Consiste básicamente en comprobar que los materiales reales que se emplearán cumplen como mínimo las condiciones de diseño en todos los aspectos.

En la fase de preparación se elaborarán los elementos necesarios para la fabricación de las piezas que así lo requieran y se realizarán los pedidos necesarios a los fabricantes.

La fase de fabricación y compra de elementos se dará por concluida una vez que se disponga de todos y cada uno de los elementos que componen el producto.

Según se vaya disponiendo de los elementos que componen el producto ya se puede proceder a la fase de ensayos sobre elementos constitutivos, se hará según lo establecido en el pliego de condiciones en su apartado correspondiente, fundamentalmente consiste en comprobar que no haya defectos y que las dimensiones que se especifican en los planos se hayan cumplido tras la fabricación.

Fase de montaje y programación, en esta fase como su propio nombre indica se monta el producto en su lugar de funcionamiento y se programa el autómatas y el robot, si se han seguido todos los pasos anteriores no debería haber ningún problema para que todo encaje en su sitio, ya que se han comprobado las dimensiones de todos los elementos que podrían tener errores en su fabricación.

Por último se realiza la fase de ensayos sobre el producto final, en esta fase se comprueba que el producto funcione correctamente.

Durante los ensayos finales se puede proceder a la ejecución de la fase de elaboración de documentación final, esto no se puede hacer antes porque incluye fundamentalmente elementos

como instrucciones y el estudio de seguridad y salud que deben hacerse una vez esté todo montado y programado, ya que durante la programación y el montaje siempre hay modificaciones de elementos de seguridad y funcionamiento para adaptarlos al uso concreto que se le quiera dar a la célula robotizada.

La fase de elaboración de documentación se dará por concluida cuando se entregue al cliente una copia de los documentos relativos al marcado CE del producto.

La última fase (puede hacerse a la vez que la elaboración de documentación) es la fase de formación de operarios, una vez concluidas las pruebas se forma a los empleados en el funcionamiento del robot, para que sean capaces de realizar programas nuevos a partir del programa plantilla, y para que se familiaricen con el funcionamiento de toda la célula robotizada.

Una vez completadas todas las fases se dará por concluido el proyecto y se puede empezar a utilizar la célula en condiciones normales de producción.

4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES.

- **UNE 157001:2014:** esta norma establece los criterios generales para la elaboración de los documentos que componen un proyecto técnico.
- **Directiva 2006/42/CE:** directiva europea relativa a seguridad en máquinas.
Para el diseño y elaboración de documentación se ha tenido en cuenta (y se debe considerar durante la integración y puesta en marcha):
El Anexo I, concretamente los principios generales y los apartados 1.1.2 (principios de integración de la seguridad), 1.1.3 (materiales y productos), 1.1.4 (iluminación), 1.1.5 (diseño de la máquina con vistas a su manutenzione), 1.1.6 (ergonomía), 1.1.7 (puestos de mando), 1.1.8 (asientos), 1.2.1 (seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando), 1.2.2 (órganos de accionamiento), 1.2.3 (puesta en marcha), 1.2.4 (parada), 1.2.5 (selección de modos de mando o de funcionamiento), 1.2.6 (fallo de la alimentación de energía), 1.3.1 (riesgo de pérdida de estabilidad), 1.3.2 (riesgo de rotura en servicio), 1.3.3 (riesgos debidos a la caída y proyección de objetos), 1.3.4 (riesgos debidos a superficies, aristas o ángulos), 1.3.5 (riesgos debidos a las máquinas combinadas), 1.3.6 (riesgos relacionados con las variaciones de las condiciones de funcionamiento), 1.3.7 (riesgos relacionados con los elementos móviles), 1.3.8 (elección de la protección contra los riesgos ocasionados por los elementos móviles), 1.3.9 (riesgos debidos a movimientos no intencionados), 1.4 (características que deben reunir los resguardos y los equipos de protección), 1.4.1 (energía eléctrica), 1.5.2 (electricidad estática), 1.5.3 (energías distintas de la eléctrica), 1.5.4 (errores de montaje), 1.5.5 (temperaturas extremas), 1.5.6 (incendio), 1.5.7 (explosión), 1.5.8 (ruido), 1.5.9 (vibraciones), 1.5.10 (radiaciones), 1.5.11 (radiaciones exteriores), 1.5.12 (radiaciones láser), 1.5.13 (emisiones de materiales y sustancias peligrosas), 1.5.14 (riesgo de quedar atrapado en una máquina), 1.5.15 (riesgo de patinar, tropezar o caer), 1.5.16 (rayos), 1.6.1 (mantenimiento de la máquina), 1.6.2 (acceso a puestos de trabajo o a los puntos de intervención), 1.6.3 (separación de las fuentes de energía), 1.6.4 (intervención del operador), 1.6.5 (limpieza de las partes interiores), 1.7.1 (información y señales de

advertencia sobre la máquina), 1.7.2 (advertencia de los riesgos residuales), 1.7.3 (marcado de las máquinas), 1.7.4 (manual de instrucciones).

La declaración CE de conformidad es obligatoria y se debe realizar según el Anexo II de esta directiva.

El marcado CE es obligatorio y se debe realizar según en Anexo III de esta directiva. El fabricante debe disponer del expediente técnico elaborado según el Anexo VII de esta directiva.

Anexo VIII de esta directiva (evaluación de la conformidad mediante control interno de la fabricación de la máquina).

- **ISO 10218:** normativa para robots y dispositivos robotizados, tiene 2 partes, la primera hace referencia únicamente al brazo robótico y por tanto es el fabricante del brazo el que debe tenerla en cuenta y la segunda parte se centra en la aplicación del robot.

5. ASPECTOS DEL CONTRATO QUE SE REFIERAN AL PROYECTO Y QUE PUDIERAN AFECTAR A SU OBJETO.

5.1. Criterios de medición, valoración y abono

5.1.1. Medición

Las mediciones se realizan en unidades, como se especifica en el documento mediciones para cada uno de los componentes del proyecto.

5.1.2. Valoración

El precio de cada uno de los componentes, especificado en el documento presupuesto, incluye todas las labores necesarias para la fabricación y transporte del producto hasta el lugar de montaje.

5.2. Criterios para las modificaciones al proyecto original, especificando el procedimiento a seguir para las mismas, su aceptación y como deben quedar reflejadas en la documentación final

5.2.1. Modificaciones en el proyecto

Se podrán introducir las modificaciones que se consideren oportunas previamente o durante la ejecución del proyecto, siempre que estas no modifiquen el espíritu del mismo.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Mediciones

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	09/03/2019
Fecha de actualización	09/03/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	MATERIALES TRANSPORTADORES.	2
2.	MATERIALES PÓRTICO.	2
3.	OTROS.....	4

1. MATERIALES TRANSPORTADORES.

RESUMEN	CANTIDAD
<p>Ud. Transportador de cajas.</p> <p>Elemento diseñado a medida y fabricado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, consta de un transportador longitudinal con unas bolas motorizadas para que también mueva las cajas en dirección transversal hasta posicionarlas contra su guía lateral izquierda. Las patas permiten un anclaje al suelo con unos tacos.</p>	1,000
<p>Ud. Transportador de palés.</p> <p>Elemento diseñado a medida y fabricado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, es un transportador de banda longitudinal que cuenta con sistemas de detección de posición de palé y un encoder acoplado al motor reductor para medir y controlar el avance del transportador. Las patas permiten un anclaje al suelo con unos tacos.</p>	1,000

2. MATERIALES PÓRTICO.

RESUMEN	CANTIDAD
<p>Ud. Estructura soporte.</p> <p>Estructura de acero S185 lacado fabricada por la empresa Montajes Eléctricos Terbel.</p>	1,000
<p>Ud. Placa base 90x90.</p> <p>Elemento comercial de la marca Bosch Rexroth, sirve junto con los tacos de piso para anclar la estructura al suelo.</p>	2,000
<p>Ud. Arandela M8.</p> <p>Arandela de acero de M8 y norma DIN 6902 para el anclaje de las placas base a la estructura soporte y del robot UR a la brida.</p>	20,000

<u>RESUMEN</u>	<u>CANTIDAD</u>
<p>Ud. Tornillo M8x20.</p> <p>Tornillo de acero de M8x20 y norma DIN 912 para el anclaje de las placas base a la estructura soporte.</p>	16,000
<p>Ud. Brida pórtico.</p> <p>Pieza de acero estructural S185 mecanizada que sirve como unión entre el robot UR y la estructura soporte, va atornillado a ambos.</p>	1,000
<p>Ud. Tornillo M12x120.</p> <p>Tornillo de acero de M12x120 y norma DIN 912, estos se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.</p>	4,000
<p>Ud. Arandela M12.</p> <p>Arandela normalizada DIN 6902 de acero y de métrica 12, estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.</p>	4,000
<p>Ud. Tuerca M12.</p> <p>Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 12, estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.</p>	4,000
<p>Ud. Robot UR10.</p> <p>Brazo robótico programable colaborativo de la marca UR Robots, modelo UR10, viene con la caja del controlador modelo CB2.</p>	1,000
<p>Ud. Tuerca M8.</p> <p>Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 8, estas se emplean en la unión del robot UR con la brida del pórtico.</p>	4,000
<p>Ud. Tornillo M8x35.</p> <p>Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 35 mm, estos se emplean en la unión del robot UR con la brida.</p>	4,000
<p>Ud. Taco de piso.</p> <p>Anclaje comercial de la marca Bosch Rexroth, modelo cuya referencia del fabricante es 3842526561, específico para las placas base utilizadas, sirve como elemento de anclaje de las placas base al suelo.</p>	8,000

Célula robotizada para paletizado flexible.

RESUMEN	CANTIDAD
<p>Ud. Brida herramienta.</p> <p>Pieza de aluminio aleación 1060 mecanizada, sirve como soporte de todos los elementos que componen la herramienta, además debido a que los orificios para atornillar la ventosa y el racor están comunicados sirve también para hacer llegar el vacío a la ventosa conectando un tubo de vacío al racor.</p>	1,000
<p>Ud. Racor.</p> <p>Elemento de conexión de la marca SMC, modelo KQ2H06-01S1, es el elemento que permite conectar el tubo de vacío a la brida para alimentar la ventosa.</p>	1,000
<p>Ud. Ventosa.</p> <p>Ventosa con racor de la marca AR, va atornillada directamente a la brida de la herramienta, ventosa modelo VF52SB y racor modelo RAC7R1/4M.</p>	1,000
<p>Ud. Tornillo M6x25.</p> <p>Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 6 y longitud de vástago 25 mm, se emplean 4 de estos tornillos para unir la herramienta a la muñeca del robot.</p>	4,000
<p>Ud. Cuadro eléctrico y neumático.</p> <p>Elemento diseñado y suministrado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, que contiene todos los elementos eléctricos y neumáticos necesarios para hacer funcionar la célula robotizada, incluyendo las conexiones eléctricas y neumáticas que van desde el cuadro hasta los diferentes elementos y un autómata programable para el control de todos los elementos.</p>	1,000

3. OTROS

RESUMEN	CANTIDAD
<p>Ud. Diseño.</p> <p>Diseño final de los transportadores y el cuadro eléctrico y neumático por parte de la empresa Montajes Eléctricos Terbel.</p>	1,000

RESUMEN	CANTIDAD
<p>Ud. Ventosa.</p> <p>Ventosa con racor de la marca AR, va atornillada directamente a la brida de la herramienta, ventosa modelo VF52SB y racor modelo RAC7R1/4M.</p>	1,000
<p>Ud. Montaje.</p> <p>Incluye el montaje de los diferentes componentes en el lugar de implantación de la célula y ajuste de los mismos para su correcto funcionamiento.</p>	1,000
<p>Ud. Programación y puesta en marcha.</p> <p>Incluye la programación del robot y del autómatas, así como la integración de todos los elementos que componen la célula de trabajo y las pruebas correspondientes para comprobar el correcto funcionamiento del conjunto.</p>	1,000
<p>Ud. Formación.</p> <p>8 horas de aprendizaje y familiarización con el entorno de programación del robot para que los operarios comprendan su funcionamiento y sean capaces de crear programas de paletizado útiles a partir del programa plantilla que se ha incluido en la memoria del robot. Además de explicar a grandes rasgos el funcionamiento y características del robot y de los elementos que componen la célula robotizada.</p>	1,000
<p>Ud. Marcado CE.</p> <p>Elaboración de documentación técnica necesaria para el marcado CE de la aplicación, esta documentación incluye: expediente técnico, manual de instrucciones, estudio de seguridad y salud, planos y declaración CE de conformidad.</p>	1,000



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Célula robotizada para paletizado flexible.

Presupuesto

Autor/es	Fernando Ruiz Mendaza
Versión	1.0
Fecha de creación	07/03/2019
Fecha de actualización	09/03/2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	MATERIALES TRANSPORTADORES	2
2.	MATERIALES PÓRTICO	2
3.	OTROS.....	5

1. MATERIALES TRANSPORTADORES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
1 Ud.	Transportador de cajas. Elemento diseñado a medida y fabricado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, consta de un transportador longitudinal con unas bolas motorizadas para que también mueva las cajas en dirección transversal hasta posicionarlas contra su guía lateral izquierda. Las patas permiten un anclaje al suelo con unos tacos.	7.000,00	7.000,00
1 Ud.	Transportador de palés. Elemento diseñado a medida y fabricado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, es un transportador de banda longitudinal que cuenta con sistemas de detección de posición de palé y un encoder acoplado al motor reductor para medir y controlar el avance del transportador. Las patas permiten un anclaje al suelo con unos tacos.	2.000,00	2.000,00

2. MATERIALES PÓRTICO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
1 Ud.	Estructura soporte. Estructura de acero S185 lacado fabricada por la empresa Montajes Eléctricos Terbel.	600,00	600,00

Célula robotizada para paletizado flexible.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
2 Ud.	Placa base 90x90. Elemento comercial de la marca Bosch Rexroth, sirve junto con los tacos de piso para anclar la estructura al suelo.	20,00	40,00
20 Ud.	Arandela M8. Arandela de acero de M8 y norma DIN 6902 para el anclaje de las placas base a la estructura soporte y del robot UR a la brida.	0,1	2,00
16 Ud.	Tornillo M8x20. Tornillo de acero de M8x20 y norma DIN 912 para el anclaje de las placas base a la estructura soporte.	0,15	2,40
1 Ud.	Brida pórtico. Pieza de acero estructural S185 mecanizada que sirve como unión entre el robot UR y la estructura soporte, va atornillado a ambos.	200,00	200,00
4 Ud.	Tornillo M12x120. Tornillo de acero de M12x120 y norma DIN 912, estos se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.	0,50	2,00
4 Ud.	Arandela M12. Arandela normalizada DIN 6902 de acero y de métrica 12, estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.	0,45	1,80
4 Ud.	Tuerca M12. Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 12, estas se emplean en la unión de la brida con la estructura soporte.	0,20	0,80

Célula robotizada para paletizado flexible.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
1 Ud.	Robot UR10. Brazo robótico programable colaborativo de la marca UR Robots, modelo UR10, viene con la caja del controlador modelo CB2.		
		24.500,00	24.500,00
4 Ud.	Tuerca M8. Tuerca normalizada DIN 934 de acero y de métrica 8, estas se emplean en la unión del robot UR con la brida del pórtico.		
		0,1	0,40
4 Ud.	Tornillo M8x35. Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 8 y longitud de vástago 35 mm, estos se emplean en la unión del robot UR con la brida.		
		0,20	0,80
8 Ud.	Taco de piso. Anclaje comercial de la marca Bosch Rexroth, modelo cuya referencia del fabricante es 3842526561, específico para las placas base utilizadas, sirve como elemento de anclaje de las placas base al suelo.		
		1,70	13,60
1 Ud.	Brida herramienta. Pieza de aluminio aleación 1060 mecanizada, sirve como soporte de todos los elementos que componen la herramienta, además debido a que los orificios para atornillar la ventosa y el racor están comunicados sirve también para hacer llegar el vacío a la ventosa conectando un tubo de vacío al racor.		
		1.300,00	1.300,00
1 Ud.	Racor. Elemento de conexión de la marca SMC, modelo KQ2H06-01S1, es el elemento que permite conectar el tubo de vacío a la brida para alimentar la ventosa.		
		1,25	1,25
1 Ud.	Ventosa. Ventosa con racor de la marca AR, va atornillada directamente a la brida de la herramienta, ventosa modelo VF52SB y racor modelo RAC7R1/4M.		
		5,95	11,90

Célula robotizada para paletizado flexible.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
4 Ud.	Tornillo M6x25. Tornillo normalizado DIN 912 de acero, de métrica 6 y longitud de vástago 25 mm, se emplean 4 de estos tornillos para unir la herramienta a la muñeca del robot.	0,15	0,60
1 Ud.	Cuadro eléctrico y neumático. Elemento diseñado y suministrado por la empresa Montajes Eléctricos Terbel, que contiene todos los elementos eléctricos y neumáticos necesarios para hacer funcionar la célula robotizada, incluyendo las conexiones eléctricas y neumáticas que van desde el cuadro hasta los diferentes elementos y un autómatas programable para el control de todos los elementos.	2.100,00	2.100,00

3. OTROS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
1 Ud.	Diseño. Diseño final de los transportadores y el cuadro eléctrico y neumático por parte de la empresa Montajes Eléctricos Terbel.	1.300,00	1.300,00
1 Ud.	Montaje. Incluye el montaje de los diferentes componentes en el lugar de implantación de la célula y ajuste de los mismos para su correcto funcionamiento.	900,00	900,00
1 Ud.	Programación y puesta en marcha. Incluye la programación del robot y del autómatas, así como la integración de todos los elementos que componen la célula de trabajo y las pruebas correspondientes para comprobar el correcto funcionamiento del conjunto.	2.000,00	2.000,00

Célula robotizada para paletizado flexible.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Imp. ud (€)	Imp. Total (€)
1 Ud.	Formación. 8 horas de aprendizaje y familiarización con el entorno de programación del robot para que los operarios comprendan su funcionamiento y sean capaces de crear programas de paletizado útiles a partir del programa plantilla que se ha incluido en la memoria del robot. Además de explicar a grandes rasgos el funcionamiento y características del robot y de los elementos que componen la célula robotizada.	300,00	300,00
1 Ud.	Marcado CE. Elaboración de documentación técnica necesaria para el marcado CE de la aplicación, esta documentación incluye: expediente técnico, manual de instrucciones, estudio de seguridad y salud, planos y declaración CE de conformidad.	1.000,00	1.000,00
P. DE EJECUCIÓN MATERIAL			43.277,55
GASTOS GENERALES			4.327,76
BENEFICIO INDUSTRIAL			6.491,64
HONORARIOS PROYECTISTA			3.500,00
P. TOTAL (sin IVA)			57.596,95
PRESUPUESTO TOTAL			69.692,31

El presupuesto total de realización del proyecto célula robotizada para paletizado flexible asciende a la cantidad de **SESENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS.**